



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL  
CANTÓN XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL  
CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO**

**María Alejandra Zulema Pérez Ramírez**

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL  
CANTÓN XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL  
CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ**

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de febrero de 2014.



**María Alejandra Zulema Pérez Ramírez**



Guatemala, 18 de marzo de 2015  
Ref.EPS.DOC.251.03.15

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **María Alejandra Zulema Pérez Ramírez** con carné No. **200819339**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA CANTÓN XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Mayra Rebecca García Soria de Sierra  
Asesora-Supervisora de EPS  
Unidad de Práctica de EPS  
Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo  
MRGS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
14 de mayo de 2015

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO AL CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil María Alejandra Zulema Pérez Ramírez, con Carnet No. 200819339, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 16 de Septiembre de 2015

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTON XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO AL CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO"** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil María Alejandra Zulema Pérez Ramírez con carné 2008-19339, quien contó con la asesoría de la Ing. Mayra Rebeca García Soria.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 24 de septiembre de 2015  
Ref.EPS.D.472.09.15

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA CANTÓN XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **María Alejandra Zulema Pérez Ramírez, carné 200819339**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria y Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación de la estudiante María Alejandra Zulema Pérez Ramírez, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA CANTÓN XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
**Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco**



Guatemala, octubre 2015.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua

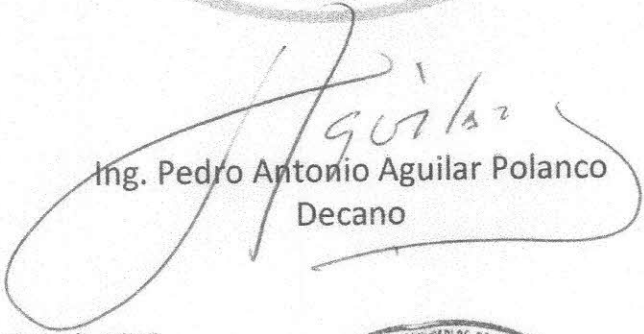




DTG. 581.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA CANTÓN XETUJ BAJO Y DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA EL CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO**, presentado por la estudiante universitaria: **María Alejandra Zulema Pérez Ramírez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, noviembre de 2015

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Todopoderoso, por regalarme la vida cada día y la voluntad para culminar esta meta; y, sobre todo, por rodearme de personas que me brindaron apoyo.

### **Mis padres**

Rolando Vinicio Pérez Morales y Glenda Maricel Ramírez, por su interminable amor, por la confianza depositada en mí y apoyo en todos los ámbitos que hicieron para mí un agradable camino hasta este momento.

### **Mis hermanos**

Jimmy Fernando, Ana Gabriela, Rolando Sebastián Pérez Ramírez, por estar a mi lado siempre y ser ejemplo de vida.

### **Mis abuelos**

Pablo Raúl Pérez Castillo, (q. e. p. d.), y Alba Zulema Morales Girón, con un especial amor, por el cariño y apoyo brindado a lo largo de mi vida y especialmente en la etapa final de este camino. Por ser siempre ejemplo de entrega y dedicación, y más que eso, ser para mí otros padres y hacer de su casa mi segundo hogar.

**Mis primos**

Por el gran amor que existe entre nosotros, apoyo incondicional y, sobre todo, por ser más que primos, mis hermanos.

**Mi familia**

A mis tíos por ser ejemplo de unión y apoyo en las distintas etapas de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por haberme dado la sabiduría y perseverancia necesaria para lograr alcanzar esta meta.
<b>Mis padres</b>	Rolando Vinicio Pérez Morales y Glenda Maricel Ramírez.
<b>Mis hermanos</b>	Jimmy Fernando, Ana Gabriela, Rolando Sebastián Pérez Ramírez.
<b>Mis mentores</b>	Familia, primos, amigos; por los consejos y apoyo a lo largo de la carrera.
<b>Mi asesora</b>	Inga. Mayra García, por su paciencia y apoyo en la realización de este trabajo y a lo largo de los 6 meses lejos de la universidad.
<b>Personal de la Municipalidad de Quetzaltenango</b>	Por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo de graduación, además de su incondicional amistad.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS .....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de Quetzaltenango,	
Quetzaltenango .....	1
1.1.1. Localización geográfica.....	2
1.1.2. Accesos y comunicaciones .....	4
1.1.3. Topografía del lugar .....	4
1.1.4. Aspectos climáticos .....	5
1.1.5. Actividades y servicios .....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	7
2.1. Consideraciones para el diseño del sistema de	
alcantarillado sanitario para el cantón Xetuj Bajo.....	7
2.1.1. Descripción del proyecto.....	7
2.1.2. Levantamiento topográfico .....	8
2.1.2.1. Planimetría.....	9
2.1.2.2. Altimetría.....	9
2.1.3. Partes del alcantarillado sanitario .....	9
2.1.3.1. Colector.....	10

2.1.3.2.	Pozos de visita .....	10
2.1.3.3.	Conexiones domiciliarias .....	12
2.1.4.	Período de diseño .....	13
2.1.5.	Población futura .....	13
2.1.6.	Determinación de caudal .....	14
2.1.6.1.	Dotación .....	14
2.1.6.2.	Población tributaria .....	15
2.1.6.3.	Caudal domiciliar .....	15
2.1.6.4.	Caudal industrial .....	16
2.1.6.5.	Caudal comercial .....	17
2.1.6.6.	Caudal de conexiones ilícitas.....	17
2.1.6.7.	Caudal de infiltración .....	18
2.1.6.8.	Caudal medio .....	18
	2.1.6.8.1. Factor de caudal medio.....	19
	2.1.6.8.2. Factor de Harmond .....	19
2.1.7.	Caudal de diseño.....	20
2.1.8.	Fundamento hidráulico .....	21
2.1.8.1.	Ecuación de Manning .....	21
2.1.8.2.	Relaciones hidráulicas .....	22
2.1.9.	Parámetros de diseño hidráulico .....	25
2.1.9.1.	Sección llena y parcialmente llena .....	25
2.1.9.2.	Velocidades máximas y mínimas .....	26
2.1.9.3.	Diámetro del colector .....	27
2.1.9.4.	Profundidad del colector .....	27
2.1.9.5.	Ancho de zanja .....	28
2.1.9.6.	Volumen de excavación .....	29
2.1.9.7.	Cotas invert .....	30
2.1.9.8.	Ubicación de pozos de visita.....	31

2.1.9.9.	Profundidad de los pozos de visita .....	31
2.1.9.10.	Características de las conexiones domiciliarias .....	31
2.1.9.11.	Diseño hidráulico.....	32
2.1.10.	Diseño de fosas sépticas .....	36
2.1.11.	Pozos de absorción .....	40
2.1.11.1.	Dimensionamiento de pozos de absorción .....	40
2.1.12.	Presupuesto del proyecto .....	41
2.1.13.	Evaluación socioeconómica .....	42
2.1.13.1.	Valor presente neto (VPN) .....	42
2.1.13.2.	Tasa interna de retorno (TIR) .....	44
2.1.14.	Cronograma de actividades .....	45
2.1.15.	Evaluación del impacto ambiental (EIA).....	45
2.2.	Consideraciones para el diseño de carretera hacia cantón Candelaria, Quetzaltenango, Quetzaltenango .....	47
2.2.1.	Descripción del lugar.....	47
2.2.1.1.	Localización y descripción.....	47
2.2.1.2.	Vías de comunicación .....	48
2.2.1.3.	Condiciones ambientales .....	49
2.2.2.	Preliminares .....	49
2.2.2.1.	Levantamiento topográfico .....	50
2.2.2.1.1.	Planimetría .....	50
2.2.2.1.2.	Altimetría .....	50
2.2.3.	Diseño de carretera .....	51
2.2.3.1.	Cálculo de elementos de curva horizontal .....	51
2.2.3.1.1.	Grado máximo de curvatura .....	53

2.2.3.1.2.	Longitud de curva .....	53
2.2.3.1.3.	Subtangente .....	53
2.2.3.1.4.	Cuerda máxima .....	54
2.2.3.1.5.	External .....	54
2.2.3.1.6.	Peralte .....	54
2.2.3.1.7.	Procedimiento de cálculo de curva horizontal .....	56
2.2.3.2.	Cálculo de elementos de curva vertical .....	58
2.2.3.2.1.	Diseño de curva vertical .....	58
2.2.3.2.2.	Longitud mínima .....	61
2.2.3.2.3.	Visibilidad de parada.....	63
2.2.3.2.4.	Procedimiento de cálculo de curva vertical .....	65
2.2.3.3.	Capas que componen el pavimento.....	66
2.2.3.3.1.	Subrasante .....	66
2.2.3.3.2.	Subbase .....	66
2.2.3.3.3.	Base .....	67
2.2.3.3.4.	Carpeta de rodadura.....	70
2.2.3.4.	Análisis y determinación del volumen de tránsito.....	70
2.2.3.4.1.	Volumen de tránsito.....	71
2.2.3.4.2.	Clasificación de tránsito.....	71
2.2.3.4.3.	Tránsito liviano.....	72
2.2.3.4.4.	Tránsito medio .....	72

	2.2.3.4.5.	Tránsito pesado .....	72
2.2.4.		Movimiento de tierras.....	72
	2.2.4.1.	Determinación de áreas por el método gráfico .....	73
	2.2.4.2.	Cálculo de volúmenes .....	74
2.2.5.		Diseño de pavimento .....	77
	2.2.5.1.	Pavimento rígido .....	77
2.2.6.		Estudio de suelos.....	78
	2.2.6.1.	Límites de consistencia .....	78
	2.2.6.2.	Análisis granulométrico .....	79
	2.2.6.3.	Determinación de contenido de humedad .....	79
	2.2.6.4.	Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor) .....	80
	2.2.6.5.	Ensayo del valor soporte del suelo (CBR) .....	80
2.2.7.		Estructura final del pavimento .....	81
	2.2.7.1.	Diseño y dimensiones del espesor del pavimento.....	82
	2.2.7.2.	Método simplificado.....	82
	2.2.7.3.	Diseño de mezcla de concreto .....	87
2.2.8.		Juntas .....	92
	2.2.8.1.	Juntas longitudinales.....	92
	2.2.8.2.	Juntas transversales .....	93
	2.2.8.3.	Juntas de expansión .....	93
	2.2.8.4.	Juntas de construcción.....	94
2.2.9.		Diseño de cunetas .....	94
	2.2.9.1.	Drenaje longitudinal.....	95



2.2.9.2.	Drenaje transversal.....	95
2.2.9.3.	Cunetas .....	100
2.2.10.	Presupuesto .....	103
2.2.10.1.	Resumen de presupuesto.....	103
2.2.11.	Cronograma de ejecución física y financiera .....	104
2.2.12.	Evaluación de impacto ambiental (EIA) .....	104
CONCLUSIONES .....		107
RECOMENDACIONES .....		109
BIBLIOGRAFÍA .....		111
APÉNDICES .....		113
ANEXOS .....		131

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación de proyectos .....	3
2.	Ubicación de proyecto 1 .....	8
3.	Partes de un pozo de visita .....	11
4.	Conexiones domiciliarias .....	12
5.	Ubicación de proyecto 2.....	48
6.	Componentes de curva horizontal .....	51
7.	Elementos de curva vertical .....	59
8.	Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical convexa.....	62
9.	Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical cóncava.....	63
10.	Coeficiente de fricción según velocidad. ....	65
11.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos .....	69
12.	Tipos de secciones transversales .....	74
13.	Volumen entre secciones del mismo tipo .....	75
14.	Volumen entre secciones de diferente tipo.....	76
15.	Límites de Atterberg .....	79
16.	Juntas de construcción.....	94
17.	Predimensionamiento de la cuneta .....	101
18.	Detalle de cuneta .....	102

## TABLAS

I.	Parámetros climáticos promedio de Quetzaltenango (1980-2010). .....	5
II.	Dotaciones indicadas en las normas de diseño .....	15
III.	Relaciones hidráulicas para sección circular .....	23
IV.	Velocidades máximas y mínimas .....	27
V.	Profundidad mínima del colector para tubería de PVC .....	28
VI.	Ancho de zanja.....	29
VII.	Criterios utilizados para el diseño de la red de drenaje sanitario para el cantón Xetuj Bajo .....	32
VIII.	Presupuesto general del proyecto de alcantarillado sanitario para el cantón Xetuj Bajo .....	42
IX.	Cronograma de ejecución físicafinanciera .....	45
X.	Matriz de Leopold.....	46
XI.	Clasificación y características de las carreteras .....	52
XII.	Peralte y longitud de espiral recomendados .....	55
XIII.	Resumen diseño geométrico .....	57
XIV.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas.....	58
XV.	Resumen de diseño de curvas verticales .....	65
XVI.	Espesor de capa base.....	70
XVII.	Cálculo de un área transversal por determinantes.....	73
XVIII.	Calidad de subrasante en función del CBR .....	81
XIX.	Análisis de resultados.....	81
XX.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje.....	83
XXI.	Clasificación funcional de las carreteras regionales .....	84
XXII.	Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción.....	85
XXIII.	Espesores de losa para categoría de carga por eje número 1, según el módulo de reacción K y módulo de ruptura optado .....	87

XXIV.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados... ..	88
XXV.	Porcentaje de arena sobre agregado grueso .....	89
XXVI.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados .....	89
XXVII.	Relación de mezcla en peso .....	91
XXVIII.	Relación de mezcla en volumen .....	92
XXIX.	Mapa de la cuenca.....	96
XXX.	Valores de coeficiente de escorrentía .....	97
XXXI.	Tiempo de concentración.....	98
XXXII.	Presupuesto carretera hacia cantón Candelaria, Quetzaltenango .....	103
XXXIII.	Cronograma ejecución físicafinanciera .....	104
XXXIV.	Matriz de Leopold para carretera .....	105



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura entre cauce
A	Área
Q	Caudal a sección llena en tuberías expresada en metros cúbicos por segundo.
qdis	Caudal de diseño
cm	Centímetro
C	Coeficiente de escorrentía superficial
n	Coeficiente de rugosidad
D	Diámetro hidráulico
Dist	Distancia
t	Espesor de la losa de concreto del pavimento (carpeta de rodadura).
Est	Estación
F	Factor de fricción
FH	Factor de Harmond
Hop	Humedad óptima
IP	Índice plástico
I	Intensidad de lluvia
kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm <sup>3</sup>	Kilogramo por centímetro cúbico
km	Kilómetro
lb	Libra
lb/pie <sup>3</sup>	Libra por pie cúbico

<b>LL</b>	Límite líquido
<b>LP</b>	Límite plástico
<b>L</b>	Longitud de cauce
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>milímetros/h</b>	Milímetros por hora
<b>min</b>	Minutos
<b>K</b>	Módulo de ruptura del concreto
<b>Q</b>	Moneda quetzal de Guatemala
<b>US\$</b>	Moneda dólar de Estados Unidos de América
<b>π</b>	Número pi, 3,141592654
<b>S</b>	Pendiente
<b>S %</b>	Pendiente en porcentaje
<b>Pie<sup>3</sup></b>	Pie cúbico
<b>P.V.</b>	Pozo de visita
<b>P.U.</b>	Precio unitario
<b>P.T.</b>	Principio de tangente
<b>P.C.</b>	Principio de curva
<b>P.I.</b>	Punto de intersección
<b>P.O.</b>	Punto observado
<b>a/A</b>	Relación de área de flujo dividido área a sección llena.
<b>q/Q</b>	Relación de caudales caudal de diseño dividido caudal de Manning.
<b>d/D</b>	Relación de profundidad de flujo dividido profundidad a sección llena.
<b>v/V</b>	Relación de velocidad de fluidos dividido velocidad a sección llena.

<b>f'c</b>	Resistencia a la compresión del concreto
<b>St</b>	Subtangente
<b><math>\frac{3}{4}</math> pulgadas</b>	Tres cuartos de pulgada
<b>Ha</b>	Unidad de medida de hectáreas





## **GLOSARIO**

<b>AASHTO</b>	Siglas en inglés de American Association of Highways and Transportation Officials.
<b>Aforo vehicular</b>	Método estadístico que tiene como finalidad la determinación del número de vehículos que transitan en un lugar definido durante un tiempo estimado.
<b>Agregado fino</b>	Agregado del concreto que sus partículas tienen un diámetro entre 0,074 y 4,76 milímetros (arena).
<b>Agregado grueso</b>	Agregado que sus partículas tienen un diámetro que varía entre 4,77 y 19,10 milímetros. Normalmente es llamado pedrín o grava.
<b>Agregado</b>	Materiales inertes de determinadas características que conforman el concreto, excluyendo el agua.
<b>Aguas negras</b>	El agua que se desecha después de haber servido para un fin. Puede ser doméstica, comercial o industrial.
<b>Altimetría</b>	Rama de la topografía que estudia los métodos que tienen como finalidad la representación de las alturas de los puntos de un terreno.

<b>Asentamiento</b>	Es el descenso de nivel que presenta una estructura debido al hundimiento del suelo.
<b>Base</b>	Capa de material seleccionado de granulometría específica que se construye sobre la subbase.
<b>Candela</b>	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
<b>Carril</b>	Superficie de rodamiento que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
<b>Caudal de diseño</b>	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un diseño de tramo de alcantarillado.
<b>Caudal</b>	Volumen por unidad de tiempo (por ejemplo, m <sup>3</sup> /s o l/s).
<b>Cemento</b>	Aglomerante hidráulico, es decir que reacciona y fragua con agua. Es utilizado en el concreto, y su función es aglomerar o pegar los agregados del concreto.
<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).

<b>Cota invert</b>	Cota de la parte inferior interna de una tubería.
<b>Cuneta</b>	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual el agua circula debido a la acción de la gravedad.
<b>Densidad</b>	Relación entre la masa de un material y el volumen.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación existente entre el número de vivienda de área.
<b>Factor de Harmond</b>	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación con la población.
<b>Fórmula de Manning</b>	Fórmula utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto; relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de sección.
<b>Fraguado del concreto</b>	Es el cambio del estado plástico al estado sólido del concreto.
<b>Losa</b>	Estructura plana de concreto con grosor específico utilizada para soportar cargas verticales.
<b>Período de diseño</b>	Período durante el cual la obra diseñada presentará un servicio eficiente y satisfactorio.

<b>Red de alcantarillado</b>	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y demás obras accesorias que sirven para drenar o desalojar las aguas negras y/o pluviales.
<b>Sección típica</b>	Es la representación gráfica transversal y acotada que muestra las partes componentes de una carretera.
<b>Terraplén</b>	Son los depósitos de material debidamente compactados que se realizan sobre terreno natural para alcanzar el nivel de subrasante.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.
<b>TPD</b>	Tránsito promedio diario.
<b>TPDA</b>	Tránsito pesado promedio anual.
<b>TPPD</b>	Tránsito pesado promedio diario.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación contiene información de las actividades desarrolladas durante el Ejercicio Profesional Supervisado en la Municipalidad de Quetzaltenango. En él se describen la fase de investigación y la fase de servicio técnico profesional, las cuales se hacen notar en cada uno de los capítulos del mismo.

En el primer capítulo se hace mención a las generalidades del municipio de Quetzaltenango, como su ubicación geográfica, aspectos climáticos, actividades, servicios básicos con los que cuenta, entre otros.

El segundo capítulo está formado por dos partes: la primera es el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Xetuj Bajo y la segunda consta del diseño de la carretera hacia el cantón Candelaria; ambas contienen los criterios de diseño utilizados y la memoria de cálculo como constancia del diseño.

Asimismo, se incluye el presupuesto de cada uno de los proyectos diseñados, y cronograma de ejecución. Así como recomendaciones y anexos correspondientes.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Xetuj Bajo y diseñar la carretera de acceso al cantón Candelaria, Quetzaltenango, Quetzaltenango.

### **Específicos**

1. Aplicar los códigos y normas para el diseño de alcantarillados sanitarios.
2. Diseñar el tramo carretero que conduce al cantón Candelaria desde el casco urbano hasta inmediaciones del mismo.
3. Mejorar la salubridad de la comunidad del cantón Xetuj Bajo por medio del diseño de un adecuado sistema de deshecho de residuos, es decir un sistema de alcantarillado sanitario.
4. Por medio de las planificaciones trabajadas, facilitar el proceso de solicitud de construcción de los proyectos en las comunidades.





## INTRODUCCIÓN

A pesar de ser el municipio de Quetzaltenango uno de los más desarrollados del departamento de Quetzaltenango, aún cuenta con zonas en las cuales no existen los servicios básicos. Este es el caso del cantón Xetuj Bajo y el cantón Candelaria, lo cuales no cuentan con un adecuado sistema de alcantarillado sanitario, ni una vía de acceso respectivamente. Por lo que se decidió darle solución a la problemática de dichas comunidades por medio del diseño de estos proyectos.

Por esa razón, el proyecto consiste en mejorar las condiciones de vida de los pobladores de estas comunidades, tanto en el aspecto de salubridad como en el social, y sobre todo fomentar el desarrollo de las mismas. La descripción del proyecto se puede condensar en la realización de las siguientes actividades.

- Evaluación del lugar a trabajar
- Topografía
- Diseño hidráulico
- Diseño de la pavimentación
- Planos
- Presupuesto



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Quetzaltenango, Quetzaltenango**

El municipio de Quetzaltenango es considerado la segunda ciudad de mayor importancia en la República de Guatemala debido a varios aspectos como van desde su localización geográfica, condiciones climatológicas; al igual que el ambiente tranquilo de una ciudad pequeña, su relativo bajo costo de vida, los servicios básicos con los que cuenta. La ciudad de Quetzaltenango cuenta con información sociodemográfica, cartográfica y sobre las características de sus habitantes.

Al inicio de la vida independiente de Guatemala (29 de octubre de 1829) se concedió la categoría de ciudad a Quetzaltenango. Con la constitución de la República Federal de 1824 nace el Estado de los Altos, llamado también Sexto Estado dentro de la Federación de las Provincias Unidas de Centro América, conformado por los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Sololá, Totonicapán, Quiché, Retalhuleu y Suchitepéquez. Se constituye formalmente el 14 de agosto de 1838 por decreto de la Asamblea Federal, durante la presidencia de Francisco Morazán, siendo la principal sede la Municipalidad de Quetzaltenango. Debido a fraccionamientos internos, los líderes del mismo son fusilados por el ejército y “después de varios sucesos, incluyendo el envío de tropas de Los Altos para combatir a Francisco Morazán y la entrada de Rafael Carrera con sus tropas en la ciudad el 29 de enero de 1840 para terminar con la segregación de los altos, el 8 de mayo de 1849 se firmó un convenio en Antigua Guatemala entre el presidente de la República de Guatemala, general don Mariano Paredes, y el general don Agustín Guzmán, como representante del

Poder Ejecutivo del Estado de Los Altos, donde se da por terminada la separación y los departamentos se reincorporan a la República de Guatemala con iguales derechos y cargos de los demás departamentos”<sup>1</sup>. Se incorpora al Estado de Guatemala por decreto de la Asamblea Nacional Constituyente el 13 de agosto de 1840. Finalmente es creada como cabecera departamental de Quetzaltenango el 16 de septiembre de 1845.

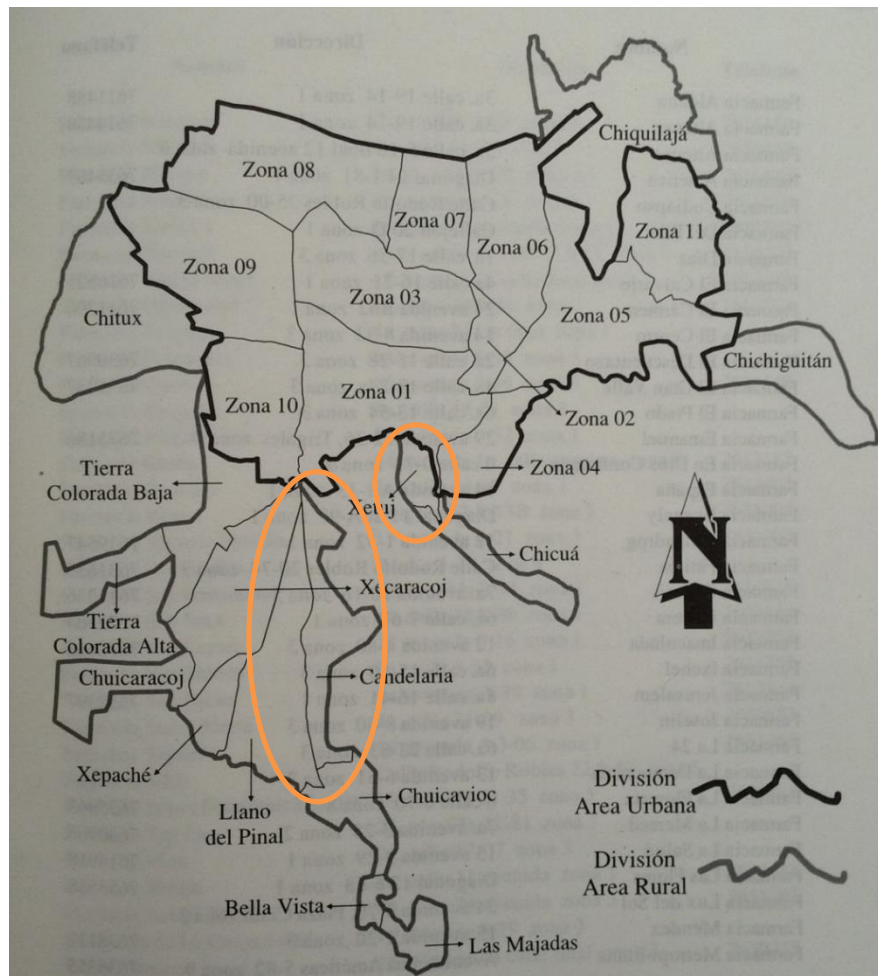
### **1.1.1. Localización geográfica**

El municipio de Quetzaltenango es la cabecera del departamento del mismo nombre, se encuentra situado en la parte este del departamento, en la Región IV o región suroccidental. Se localiza en la latitud 14°50’22” y en la longitud 91°31’10”. Limita al norte con los municipios de Olintepeque, La Esperanza (Quetzaltenango) y San Andrés Xecul (Totonicapán); al sur con los municipios de Zunil y El Palmar (Quetzaltenango); al este con los municipios de Zunil, Salcajá y Almolonga (Quetzaltenango); al oeste con los municipios de Concepción Chiquirichapa y San Mateo (Quetzaltenango). Cuenta con una extensión territorial de 120 kilómetros cuadrados, se encuentra a una altura de 2 333 metros sobre el nivel del mar y dista 203 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala.

---

<sup>1</sup> Universidad Rafael Landívar. [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Contenido\\_impresion.aspx?o=1714](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Contenido_impresion.aspx?o=1714). Consulta: octubre de 2015.

Figura 1. **Ubicación de proyectos**



Fuente: Información Estadística y Social del Municipio de Quetzaltenango.  
UIEP-Proinfo 2000-2002.

### **1.1.2. Accesos y comunicaciones**

El departamento de Quetzaltenango, y más específicamente el municipio con el mismo nombre, cuenta con importantes carreteras que forman una tupida red que lo comunica no solo con los municipios vecinos, sino que también con el resto de la República. Entre las principales rutas nacionales está la Ruta Nacional 1, que conduce de la ciudad capital a la frontera con México, atravesando el departamento aproximadamente de este a oeste; la Ruta Nacional 9-S que conduce a Retalhuleu, donde entronca con la carretera Internacional del Pacífico CA-2; la Ruta Nacional 9-N hacia Totonicapán y Huehuetenango; la Ruta Nacional 12-S que enlaza al oeste del departamento con el de San Marcos, entre otros. También tiene rutas departamentales y municipales que unen a los diferentes municipios.

La antigua vía férrea que termina en Ciudad Tecún Umán (municipio de Ayutla, San Marcos) cruza parte del departamento. Además el municipio de Quetzaltenango cuenta con un aeropuerto municipal.

### **1.1.3. Topografía del lugar**

El terreno del municipio de Quetzaltenango es quebrado, lo cual influye en la variedad de climas y temperaturas, pues sus alturas varían desde 2 800 hasta 350 metros sobre el nivel del mar. Por tal razón se encuentran cerros muy altos, barrancos, profundos precipicios, valles y llanuras. En su orografía sobresalen los cerros Candelaria, Galápagó, Huitán, La Pedrera y Tecún Umán, también llamado cerro El Baúl.

#### 1.1.4. Aspectos climáticos

La ciudad de Quetzaltenango es una de las más frías de Guatemala, ya que se encuentra en un valle montañoso a una altitud de 2 333 metros sobre el nivel del mar. La ciudad tiene un clima subtropical de montaña debido a la altitud. La temperatura media es de 14,7 °C y sus temperaturas suelen ir de 0 a 23 °C. Un récord centroamericano de temperatura mínima se alcanzó en febrero de 2002 al descender hasta -12°C.

Existen dos estaciones principales en Quetzaltenango: la temporada de lluvias que generalmente se extiende desde mayo hasta mediados de noviembre, y la estación seca, que va desde diciembre hasta mayo. Durante la temporada de lluvias se registran precipitaciones constantes, mientras que en la estación seca, esto es nulo.

Tabla I. **Parámetros climáticos promedio de Quetzaltenango (1980-2010)**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura máxima registrada (°C)	28.4	29.8	29.8	28.2	29.4	26.5	25.2	25	26	25.2	25.6	26.2	29.8
Temperatura diaria máxima (°C)	22	22.9	23.8	24	22.8	20.4	21.6	21.8	21.4	21.2	21.4	21.3	22
Temperatura diaria promedio (°C)	12.9	13.7	14.8	15.8	15.8	15.6	15.8	15.8	15.2	15	14	13.2	14.7
Temperatura diaria mínima (°C)	2.3	2.9	3.9	6.3	8.8	9.3	8.2	8.5	9	8.4	6	2.8	6.4
Temperatura mínima registrada (°C)	-11.5	-5.4	-5.2	-3.6	0.6	1	2.5	0.5	1	0	-5.5	-5.4	-11.5
Precipitación total (mm)	1.8	5.5	14.44	41.16	131.55	147.77	98.65	107	134.7	93.55	18.68	7.08	801.8
Horas de sol	249.57	240.27	249.33	212.77	167.14	142.32	185.27	187.5	135.6	156.94	199.15	228.7	2354.6
HumedadA(%)	65.68	63.05	64.5	68.4	74.5	79.37	74.47	76.05	81.16	79.32	72.65	68.63	72.3

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Insivumeh.



### **1.1.5. Actividades y servicios**

Los pobladores del municipio de Quetzaltenango poseen una amplia gama de actividades que desarrollan como impulso económico; entre las principales se encuentra la actividad agrícola que en su mayoría constituye el cultivo de maíz, papa, cebolla, trigo y frutas como el durazno y la manzana. La actividad industrial se caracteriza por la producción de cerveza, licores y elaboración de harina. En menor medida se observa la actividad artesanal en la elaboración de tejidos típicos. También cabe mencionar que el turismo es parte significativa del ingreso económico del municipio.

El municipio de Quetzaltenango en gran parte de su extensión territorial cuenta con servicios básicos como drenajes sanitarios y pluviales, que en su mayoría aparecen en un sistema combinado con energía eléctrica, agua potable y cobertura de telefonía residencial y móvil.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

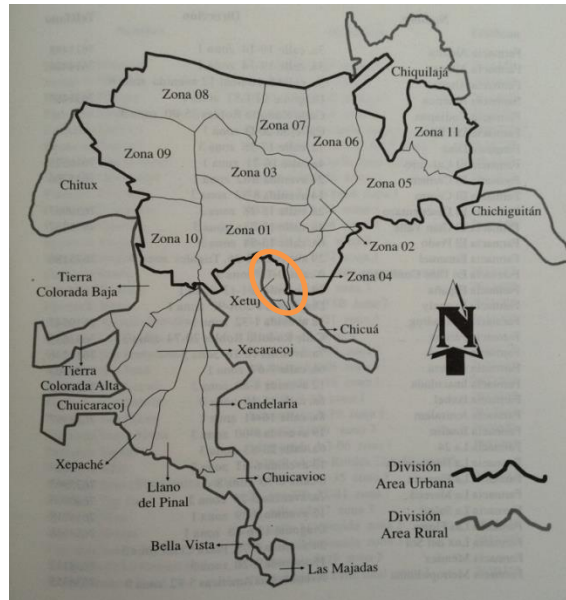
### **2.1. Consideraciones para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Xetuj Bajo**

A continuación se muestran las consideraciones para diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Xetuj Bajo.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El cantón Xetuj Bajo se encuentra fuera del casco urbano, a las afueras de la zona 4 del municipio de Quetzaltenango. Debido a esto los servicios como agua potable y drenajes aún no llegan hasta las comunidades que se ubican en este sector. Al visitar el lugar se hace evidente la necesidad de los pobladores por los servicios, ya que la comunidad utiliza como medio de desecho letrinas y fosas sépticas. Por lo que debido al crecimiento de la ciudad es indispensable que las comunidades aledañas a la ciudad cuenten con los servicios básicos. El sistema de alcantarillado sanitario consta de alrededor de cinco mil metros lineales.

**Figura 2. Ubicación de proyecto 1**



Fuente: Información Estadística y Social del Municipio de Quetzaltenango.  
UIEP-Proinfo 2000-2002.

### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico consiste en una serie de actividades con el propósito de describir la composición de aquellas partes de la superficie de la tierra que sobresalen. Incluye el relieve de la costa y la ubicación de accidentes y características naturales o artificiales permanentes.

Se utilizan los siguientes materiales.

- Teodolito Wild T1
- Estadal
- Cinta métrica de 50 metros

- Plomadas
- Trompos de madera

Para el desarrollo del proyecto fue necesario determinar las diferentes elevaciones y pendientes del terreno mediante un levantamiento topográfico de su perfil. Para su ejecución se utilizó un nivel, estatal de cuatro metros y cinta métrica de cincuenta metros.

Se aplicó el método taquimétrico, el levantamiento altimétrico debe ser preciso, y la nivelación debe ser realizada sobre el eje de las calles.

#### **2.1.2.1. Planimetría**

La planimetría tiene como objetivo determinar la longitud del proyecto que se va a realizar, localizar los accidentes geográficos y todas aquellas características, tanto naturales como no naturales, que puedan influir en el diseño del sistema.

#### **2.1.2.2. Altimetría**

La altimetría se encarga de la medición de la diferencia de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia.

#### **2.1.3. Partes del alcantarillado sanitario**

Los elementos que forman parte de un sistema de ductos tienen como finalidad conjunta recolectar y desalojar de forma salubre las aguas residuales de una población, son conocidas como las partes de un sistema de

alcantarillado. A continuación se mencionan algunas de las partes esenciales de una red de alcantarillado sanitario.

#### **2.1.3.1. Colector**

Se denomina colector al tramo del alcantarillado público que conecta diversos ramales de una alcantarilla. Se construye bajo tierra, a menudo al medio de las calles importantes, de manera que cada una de las viviendas de esa vía puedan conectarse para la evacuación apropiada de las aguas residuales. Cada conexión perteneciente a una vivienda se llama acometida o toma domiciliaria. Comprende la tubería que va desde el pozo intradós, pasando por la cámara de inspección final de la vivienda hasta el colector.

Tanto los colectores como las uniones domiciliarias deben proyectarse con cierta pendiente para permitir el flujo de las aguas por gravedad, pero nunca extrema, para evitar velocidades excesivas y riesgo de erosión. Asimismo, sus juntas deben ser herméticas para evitar filtraciones de aguas residuales al terreno y para impedir el ingreso del agua de lluvia, las infiltraciones del terreno circundante o la introducción de raíces.

#### **2.1.3.2. Pozos de visita**

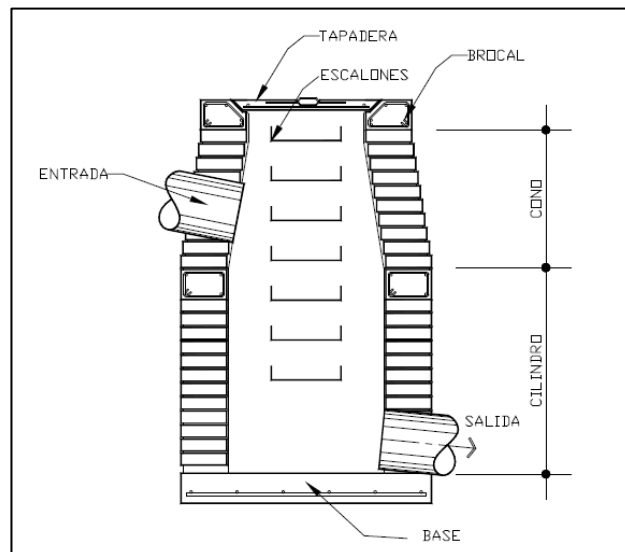
Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza ya que brindan acceso a la tubería, además de actuar como un ingreso de oxígeno al sistema. Se utilizan para chequear el mantenimiento del sistema de alcantarillado, por lo que no contienen agua. Un pozo de visita debe proporcionar un control de flujo hidráulico en cambios de dirección, gravedad y consolidación de flujos convergentes.

Según las normas para construcción de alcantarillados se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos.

- En toda intercepción y al comienzo de todo colector.
- En todo cambio de sección o diámetro.
- En todo cambio de dirección, si el colector no es visitable interiormente, y en todo colector visitable que forme un ángulo menor de 120°.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros.
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros.

Sin embargo cabe mencionar que el diseño de los pozos de visita está totalmente limitado a las condiciones que preste el terreno en donde se construyan.

Figura 3. **Partes de un pozo de visita**



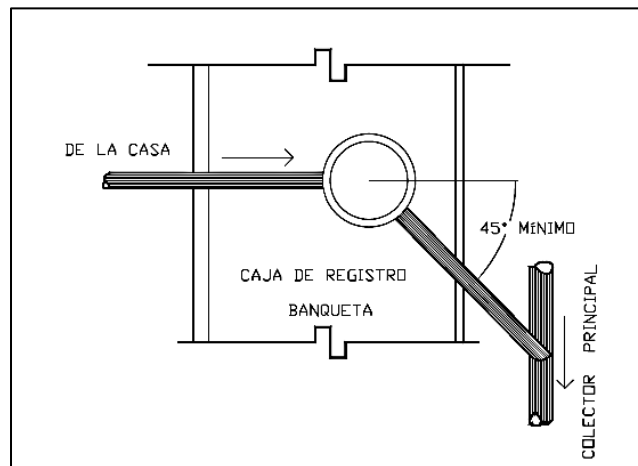
Fuente: CRUZ ARRIOLA, A. Rocío. *Diseño del drenaje sanitario y pavimento rígido del Asentamiento La Isla, zona 13, ciudad de Guatemala*. p. 47.

### 2.1.3.3. Conexiones domiciliarias

Las conexiones de casas o edificios, también denominadas acometidas domiciliarias, son tuberías de pequeño diámetro que van desde las casas a la alcantarilla pública de la calle; regularmente se dejan previstos al hacer la alcantarilla y su conexión la realiza realizarán fontaneros.

Al construir un sistema de alcantarillado es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos de la que se conseguiría con una conexión en T. Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles y una conexión de este tipo bien instalada es preferible que una en Y mal establecida.

Figura 4. Conexiones domiciliarias



Fuente: CRUZ ARRIOLA, A. Rocío. *Diseño del drenaje sanitario y pavimento rígido del Asentamiento La Isla, zona 13, ciudad de Guatemala.* p. 48.

#### **2.1.4. Período de diseño**

Es el tiempo en que se estima que un sistema va a funcionar satisfactoriamente. Este se debe proyectar al momento de elaborar un proyecto de alcantarillado. Este espacio de tiempo, en el caso de alcantarillados, suele ser de 30 a 40 años a partir de la fecha de construcción. El tiempo elegido se adoptará tomando como parámetros los recursos económicos con que cuenta la comunidad, la vida útil de los materiales y normas del Instituto de Fomento Municipal (Infom).

Para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se proyectó un período de diseño de 30 años.

#### **2.1.5. Población futura**

Un sistema de alcantarillado debe diseñarse para que sus funciones hidráulicas estén en óptimas condiciones desde que se inaugura la obra hasta el final del período de diseño. Por lo tanto es necesario conocer la población a servir, al inicio y al final de su período de vida. Para lo cual se necesita primero conocer la población actual del lugar con base en censos realizados y luego calcular la población para la fecha determinada. Para calcular la cantidad de habitantes que utilizará el servicio en el período establecido se aplicó la fórmula de incremento de población que a continuación se describe.

$$P_f = P_a(1 + t)^n$$

Donde:

Pf = población futura (habitantes)



Pa = población actual (habitantes)

n = período de diseño (30 años)

t = tasa de crecimiento (0,017)

Utilizando el método geométrico se evaluó el crecimiento de la población a servir y se estimó un porcentaje de crecimiento para el diseño de 0,017 %, tomando en cuenta los dos últimos censos.

$$Pf = 422(1 + 0,017)^{30} = 699,74 = 700 \text{ personas}$$

#### **2.1.6. Determinación de caudal**

Para determinar el caudal de aguas residuales que llegará al colector principal deben realizarse una serie de cálculos previos en los que intervienen factores como dotación, población, entre otros. Estos que a su vez condicionan el llamado caudal de diseño, el cual rige el diseño del sistema de alcantarillado.

##### **2.1.6.1. Dotación**

La dotación es el consumo diario de agua que sirve para calcular los caudales de diseño. El consumo de agua está dado en función de una serie de factores inherentes a la localidad que se abastece y que varía de una ciudad a otra, así como podrá variar de un sector de distribución a otro en una misma ciudad. Los principales factores que influyen el consumo de agua en una localidad pueden ser clima, nivel de vida de la población, ocupaciones de la población, sistema de provisión y cobranza; costo del agua, presión en la red de distribución, consumo comercial, consumo industrial, consumo público y pérdidas en el sistema.

Para este proyecto se eligió una dotación de 120 litros por habitante al día tomando en cuenta las ocupaciones de la población que en su mayoría se dedican a la agricultura.

Tabla II. **Dotaciones indicadas en las normas de diseño**

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (l/hab./día.)
Llenacántaros	15-40
Conexiones prediales	60-90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90-150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150-250

Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2766\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2766_C.pdf). Consulta: agosto de 2015.

#### **2.1.6.2. Población tributaria**

En este caso se obtuvo la población tributaria con base en el número de casas localizadas en cada tramo, multiplicándose por el número de habitantes por vivienda.

Habitantes por vivienda = número de habitantes/número de casas

#### **2.1.6.3. Caudal domiciliar**

Es la cantidad de agua que se evacua hacia el alcantarillado luego de ser utilizada en las viviendas. Este desecho doméstico está relacionado íntimamente con la dotación y el suministro de agua potable. Se ha podido estimar que del total de agua que se consume, aproximadamente entre un 70 % a un 80 % se descarga al drenaje, lo cual constituye el caudal domiciliar. El

porcentaje de agua que se envía a la alcantarilla es el factor de retorno, el cual se asume según el criterio del diseñador. Para este caso se ha de asumir un factor de 0,75.

$$Q_{dom.} = \frac{\text{dot.} * \text{núm hab.} * \text{fac. retorno}}{86\ 400}$$

$$Q_{dom.} = \frac{100 * 422 * 0,75}{86\ 400} = 0,36 \text{ l/s}$$

Donde:

dot = dotación (100 lts/hab/día)

Núm. hab = número de habitantes (422 personas)

Qdom = caudal domiciliar (lts/seg)

#### **2.1.6.4. Caudal industrial**

Es el agua residual proveniente de actividades industriales como fábricas de alimentos, textiles, licoreras, entre otras. La dotación para este tipo de actividades se encuentra en un rango de 1 000 y 18 000 litros/industria/día, el cual dependerá del tipo específico de industria. Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario del cantón Xetuj Bajo se tomó una dotación de 3 200 l/s debido a que se registra una industria de producción de alimentos.

$$Q_{Ind.} = \frac{\text{núm. de ndustrias} * \text{dot. industrial}}{86\ 400}$$

$$Q_{Ind.} = \frac{1 * 3200}{86\ 400} = 0,037 \text{ l/s}$$

Donde:

núm. de industrias = número de industrias en el área a servir (1 industria)

dot. industrial = dotación industrial para el sector en estudio (3 200 l/s)

#### **2.1.6.5. Caudal comercial**

Es el agua residual proveniente de los comercios comprendidos como restaurantes, hoteles, entre otros. La dotación comercial varía según el establecimiento y puede estimarse entre 600 a 3 000 lts/comercio/día. Se calcula de la forma siguiente:

$$Q_{com.} = \frac{\text{núm. de comercio} \cdot \text{dot.}}{86\,400}$$

$$Q_{com.} = \frac{1 \cdot 800}{86\,400} = 0,0093 \text{ l/s}$$

Donde:

$Q_{com}$  = caudal comercial

núm. de comercios = número de comercios (1 comedor)

dot = dotación (800 l/s)

#### **2.1.6.6. Caudal de conexiones ilícitas**

Este caudal se origina por conexiones procedentes de diversos orígenes, tales como bajadas de techos, sótanos, patios y drenajes superficiales; drenes de cimientos, conexiones incorrectas con alcantarillas pluviales y combinadas y drenaje en general. Se estima un porcentaje del 0,5 a 2,5 por ciento del caudal

domiciliar, sin embargo, en áreas donde no hay drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto según el Infom. Este se calcula por medio de la fórmula del método racional, ya que tiene relación con el caudal producido por las lluvias.

$$\text{Conexiones ilícitas} = Q_{\text{dom.}} * 0,5$$

$$\text{Conexiones ilícitas} = 0,36 * 0,5 = 0,013 \text{ l/s}$$

#### **2.1.6.7. Caudal de infiltración**

Este caudal depende de las profundidades del nivel freático del agua y de la tubería; de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción.

Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería. Para esto se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor de 6,00 metros por cada casa; la dotación de infiltración varía entre 12 000 o 18 000 litros por kilómetro por día.

Este caudal no se calcula para tuberías de PVC.

#### **2.1.6.8. Caudal medio**

El caudal medio consiste en el aporte medio de agua por poblador. Para el cálculo del caudal medio se recomienda la siguiente ecuación:

$$Q \text{ med.} = Q_{\text{Dom}} + Q_{\text{Ind.}} + Q_{\text{Com}} + Q_{\text{Conexiones.ilícitas}}$$

$$Q \text{ med.} = 0,36 + 0,037 + 0,0093 + 0,013 = 0,42 \text{ l/s}$$

#### **2.1.6.8.1. Factor de caudal medio**

Una vez calculado el caudal medio es necesario distribuirlo entre el número de habitantes para obtener el factor de caudal medio (Fqm), el cual varía en un rango de 0,002 a 0,005. Si el cálculo del factor está entre esos dos límites se utiliza el valor calculado, de ser inferior o superior deberá utilizarse el límite más cercano según sea el caso.

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{med.}}}{\# \text{ habit.futuro}}$$

$$f_{qm} = \frac{0,42}{700} = 0,0006$$

$$0,002 < f_{qm} < 0,005$$

Debido a que el valor se encuentra por debajo del límite menor se utiliza el mismo siendo 0,002.

#### **2.1.6.8.2. Factor de Harmond**

Se le conoce también como factor de flujo y representa un factor de seguridad que involucra el número de habitantes que harán uso simultáneo del sistema. Este factor está dado de la siguiente manera.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{p}}{4 + \sqrt{p}}$$

$$FH = \frac{18 + \sqrt{0,7}}{4 + \sqrt{0,7}} = 3,89$$

Donde:

p = población futura acumulada en miles

### **2.1.7. Caudal de diseño**

Al caudal de diseño también se le llama caudal máximo y es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema, cumpliendo con los requerimientos de velocidad y tirante. El caudal se calcula de la forma siguiente.

$$Q_{dis} = \text{núm. habit.} * FH * f_{qm}$$

$$Q_{dis} = 700 * 3,89 * 0,002 = 5,446 \text{ l/s}$$

Donde:

núm. habit. = número de habitantes futuros acumulados (700 personas)

FH = factor de Harmond (0,002)

f<sub>qm</sub> = factor de caudal medio (3,89)

### **2.1.8. Fundamento hidráulico**

El funcionamiento de los sistemas de alcantarillado se basa en transportar el agua residual por conductos en los cuales su sección no está llena, y cuyo flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido. En el caso de los sistemas de alcantarillado se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a la presión atmosférica, por lo que se utiliza la ecuación de Manning.

#### **2.1.8.1. Ecuación de Manning**

La ecuación de Manning es una evolución de la fórmula de Chézy para el cálculo de la velocidad del agua en canales y está basada en flujos constantes y canales abiertos. La ecuación de Manning para el sistema métrico adopta la siguiente forma:

$$V = \frac{1,486 \cdot r^{2/3} \cdot s^{1/2}}{n}$$

Donde:

V= velocidad de flujo a sección llena (m/s)

r= radio hidráulico = área/perímetro mojado

s= pendiente de la gradiente hidráulica (m/milímetros)

N= coeficiente de rugosidad de Manning

N= 0,010 para diseño de sistemas de alcantarillado sanitario por gravedad usando tubería de PVC Norma ASTM 3034.



El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios es en tubería de PVC de 6" y para tuberías de concreto es de 8", el cual podrá aumentar a criterio del diseñador. Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4" y para la red a diseñar se utilizará tubería de PVC.

#### **2.1.8.2. Relaciones hidráulicas**

Se deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena y luego se obtendrá la relación de caudales. Para utilizar las tablas es necesario obtener la relación  $q/Q$ , dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se utiliza el más aproximado.

En la columna de la izquierda se ubica la relación  $v/V$ , obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se obtiene la velocidad a sección parcial. Estas relaciones son necesarias para asegurar que el sistema funcionará dentro de los límites permisibles. Las relaciones utilizadas son:

Relación de caudales:

$$\frac{Q \text{ dis}}{Q \text{ sección llena}}$$

Relación de velocidades:

$$\frac{V \text{ dis}}{V \text{ sección llena}}$$

Relación de tirantes:

$$\frac{D \text{ dis}}{D \text{ sección llena}}$$

Tabla III. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0100	0,0017	0,0880	0,00015	0,1025	0,0540	0,4080	0,02202
0,0125	0,0237	0,1030	0,00024	0,1050	0,0558	0,4140	0,02312
0,0150	0,0031	0,1160	0,00036	0,1075	0,0578	0,4200	0,02429
0,0175	0,0039	0,1290	0,00050	0,1100	0,0599	0,4260	0,02550
0,0200	0,0048	0,1410	0,00067	0,1125	0,0619	0,4320	0,02672
0,0225	0,0057	0,1520	0,00087	0,1150	0,0639	0,4390	0,02804
0,0250	0,0067	0,1630	0,00108	0,1175	0,0659	0,4440	0,02926
0,0275	0,0077	0,1740	0,00134	0,1200	0,0680	0,4500	0,03059
0,0300	0,0087	0,1840	0,00161	0,1225	0,0701	0,4560	0,03194
0,0325	0,0099	0,1940	0,00191	0,1250	0,0721	0,4630	0,03340
0,0350	0,0110	0,2030	0,00223	0,1275	0,0743	0,4680	0,03475
0,0375	0,0122	0,2120	0,00258	0,1300	0,0764	0,4730	0,03614
0,0400	0,0134	0,2210	0,00223	0,1325	0,0786	0,4790	0,03763
0,0425	0,0147	0,2300	0,00338	0,1350	0,0807	0,4840	0,03906
0,0450	0,0160	0,2390	0,00382	0,1375	0,0829	0,4900	0,04062
0,0475	0,0173	0,2480	0,00430	0,1400	0,0851	0,4950	0,04212
0,0500	0,0187	0,2560	0,00479	0,1425	0,0873	0,5010	0,04375
0,0525	0,0201	0,2640	0,00531	0,1450	0,0895	0,5070	0,04570
0,0550	0,0215	0,2730	0,00588	0,1475	0,0913	0,5110	0,04665
0,0575	0,0230	0,2710	0,00646	0,1500	0,0941	0,5170	0,04863
0,0600	0,0245	0,2890	0,00708	0,1525	0,0964	0,5220	0,05031
0,0625	0,0260	0,2970	0,00773	0,1550	0,0986	0,5280	0,05208
0,0650	0,0276	0,3050	0,00841	0,1575	0,1010	0,5330	0,05381
0,0675	0,0292	0,3120	0,00910	0,1600	0,1033	0,5380	0,05556
0,0700	0,0308	0,3200	0,00985	0,1650	0,1080	0,5480	0,05916
0,0725	0,0323	0,3270	0,01057	0,1700	0,1136	0,5600	0,06359
0,0750	0,0341	0,3340	0,01138	0,1750	0,1175	0,5680	0,06677
0,0775	0,0358	0,3410	0,01219	0,1800	0,1224	0,5770	0,07063
0,0800	0,0375	0,3480	0,01304	0,1850	0,1273	0,5870	0,07474
0,0825	0,0392	0,3550	0,01392	0,1900	0,1323	0,6960	0,07885
0,0850	0,0410	0,3610	0,01479	0,1950	0,1373	0,6050	0,08304
0,0875	0,0428	0,3680	0,01574	0,2000	0,1424	0,6150	0,08756
0,0900	0,0446	0,3750	0,01672	0,2050	0,1475	0,6240	0,09104
0,0925	0,0464	0,3810	0,01792	0,2100	0,1527	0,6330	0,09663

Continuación de la tabla II.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,2250	0,1684	0,6590	0,11098	0,6000	0,6265	1,0700	0,64157
0,2300	0,1436	0,6690	0,11611	0,6100	0,6389	1,0800	0,68876
0,2350	0,1791	0,6760	0,12109	0,6200	0,6513	1,0800	0,70537
0,2400	0,1846	0,6840	0,12623	0,6300	0,6636	1,0900	0,72269
0,2450	0,1900	0,6920	0,13148	0,6400	0,6759	1,0900	0,73947
0,2500	0,1955	0,7020	0,13726	0,6500	0,6877	1,1000	0,75510
0,2600	0,2066	0,7160	0,14793	0,6600	0,7005	1,1000	0,77339
0,2700	0,2178	0,7300	0,15902	0,6700	0,7122	1,1100	0,78913
0,3000	0,2523	0,7760	0,19580	0,7000	0,7477	1,1200	0,85376
0,3100	0,2640	0,7900	0,20858	0,7100	0,7596	1,1200	0,86791
0,3200	0,2459	0,8040	0,22180	0,7200	0,7708	1,1300	0,88384
0,3300	0,2879	0,8170	0,23516	0,7300	0,7822	1,1300	0,89734
0,3400	0,2998	0,8300	0,24882	0,7400	0,7934	1,1300	0,91230
0,3500	0,3123	0,8430	0,26327	0,7500	0,8045	1,1300	0,92634
0,3600	0,3241	0,8560	0,27744	0,7600	0,8154	1,1400	0,93942
0,3700	0,3364	0,8680	0,29197	0,7700	0,5262	1,1400	0,95321
0,3800	0,3483	0,8790	0,30649	0,7800	0,8369	1,3900	0,97015
0,3900	0,3611	0,8910	0,32172	0,7900	0,8510	1,1400	0,98906
0,4000	0,3435	0,9020	0,33693	0,8000	0,8676	1,1400	1,00045
0,4100	0,3860	0,9130	0,35246	0,8100	0,8778	1,1400	1,00045
0,4200	0,3986	0,9210	0,36709	0,8200	0,8776	1,1400	1,00965
0,4400	0,4238	0,9430	0,39963	0,8400	0,8967	1,1400	1,03100
0,4500	0,4365	0,9550	0,41681	0,8500	0,9059	1,1400	1,04740
0,4600	0,4491	0,9640	0,43296	0,8600	0,9149	1,1400	1,04740
0,4800	0,4745	0,9830	0,46647	0,8800	0,9320	1,1300	1,06030
0,4900	0,4874	0,9910	0,48303	0,8900	0,9401	1,1300	1,06550
0,5000	0,5000	1,0000	0,50000	0,9000	0,9480	1,1200	1,07010
0,5100	0,5126	1,0090	0,51719	0,9100	0,9554	1,1200	1,07420
0,5200	0,5255	1,0160	0,53870	0,9200	0,9625	1,1200	1,07490
0,5300	0,5382	1,0230	0,55060	0,9300	0,9692	1,1100	1,07410
0,5400	0,5509	1,0290	0,56685	0,9400	0,9755	1,1000	1,07935
0,5500	0,5636	1,0330	0,58215	0,9500	0,9813	1,0900	1,07140

Fuente: Infom-Unepar. *Normas generales para diseño de alcantarillado*. Guatemala. 2001.

### **2.1.9. Parámetros de diseño hidráulico**

Al diseñar un proyecto de alcantarillado se debe tomar en cuenta parámetros como tiempo en que la construcción servirá a la comunidad, cálculo de velocidad, diámetros y pendientes para garantizar su óptimo funcionamiento.

#### **2.1.9.1. Sección llena y parcialmente llena**

Toda alcantarilla circular trabaja a sección parcialmente llena, ya que el gasto nunca es constante y esto incide directamente con una variación de la altura del flujo, que a su vez hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de este.

$$P = \pi D \theta / 360$$

$$A = D^2/4 (\pi \theta / 360 * \sin \theta / 2)$$

$$R_h = D/4 (1 - 360 \sin \theta / 2 \pi \theta)$$

Para facilitar este cálculo de las secciones, y por lo tanto las de velocidad y gasto, se utilizará el gráfico de relaciones hidráulicas. Para cualquier relación de gasto (q) a gasto total de la alcantarilla (Q), las curvas de esta gráfica dan las relaciones de velocidad, área y altura del flujo a diámetro de alcantarilla.

Se debe determinar la velocidad y el gasto de la tubería llena por medio de las fórmulas ya conocidas. Una vez obtenidos estos datos se procede a sacar la relación entre los gastos q/Q (caudal de diseño entre caudal a sección llena) y se busca ese valor en el eje de las abscisas del diagrama, a partir de allí se

levanta una vertical hasta interceptar la curva de descarga en un punto que referido a la escala de las ordenadas, situada a la izquierda, da el valor de  $d/D$ .

La profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando esta última relación por el diámetro total del tubo. Para obtener la velocidad se busca la intersección de la línea horizontal que pasa por el valor de  $d/D$  ya conocido, con la curva de velocidades y se lee la relación  $v/V$  en la escala horizontal. La velocidad de la tubería parcialmente llena se obtiene multiplicando esta relación por la velocidad a sección llena.

En la gráfica de relaciones hidráulicas se puede observar que la velocidad máxima ocurre cuando la profundidad del flujo es aproximadamente  $0,8 D$ , por lo que generalmente los tubos en alcantarillados son diseñados para que el flujo máximo alcance una altura de  $0,75$  a  $0,80 D$ .

#### **2.1.9.2. Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. Esta velocidad se determina por medio de la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $V$  es la velocidad a sección llena;  $v$  por norma debe ser mayor de  $0,60$  m/s para que no exista sedimentación, y menor o igual que  $3,00$  m/s para que no exista erosión o desgaste.

Las velocidades mínimas fijadas no permiten la decantación de los sólidos, asimismo las velocidades altas producen efectos dañinos debido a que los sólidos en suspensión hacen un efecto abrasivo a la tubería.

Tabla IV. **Velocidades máximas y mínimas**

Tipo de tubería	Velocidades mínimas (m/s)	Velocidades máximas (m/s)
Concreto	0,60	3,00
PVC	0,40	4,00

Fuente: Infom-Unepar. *Normas generales para diseño de alcantarillado*. Guatemala. 2001.

### **2.1.9.3. Diámetro del colector**

Se debe utilizar para sistemas de drenaje sanitario un diámetro mínimo de 8" cuando se utiliza tubería de concreto y de 6" cuando la tubería sea de PVC. Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo con tubería de cemento es de 6" y de 4" para PVC. Por lo que el diámetro de la tubería debe ser calculado dentro de estos límites.

Para las conexiones domiciliarias se puede utilizar un diámetro de 6" para tubería de concreto y 4" para tubería de PVC, formando ángulo de 45° en el sentido de la corriente del colector principal.

El diámetro mínimo de tubería utilizado para el colector principal para este caso fue de 6" y las conexiones domiciliarias fueron diseñadas con un diámetro de 4".

### **2.1.9.4. Profundidad del colector**

La determinación de la profundidad de la tubería se hace mediante el cálculo de las cotas invert. En todo caso debe chequearse que la tubería tenga

un recubrimiento adecuado para que no se dañe con el paso de vehículos y peatones, o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado.

El recubrimiento mínimo de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1,00 metro más el espesor de la tubería y el diámetro de la tubería para tráfico liviano; y para tráfico pesado el recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería será de 1,20 metros. En climas extremadamente fríos y donde la penetración de las heladas es profunda puede ser necesario disponer a la tubería a mayor profundidad.

Tabla V. **Profundidad mínima del colector para tubería de PVC**

Diámetros	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
Tránsito Pesado	90	90	90	110	110	120	120	120
Tránsito Liviano	60	60	60	90	90	90	90	90

Fuente: Infom-Unepar. *Normas generales para diseño de alcantarillado*. Guatemala. 2001.

#### **2.1.9.5. Ancho de zanja**

El ancho de zanja está dado por el diámetro y la profundidad del colector. En la siguiente tabla se muestran datos relacionados con el ancho de zanjas a utilizar para la instalación de tuberías.

Tabla VI. **Ancho de zanja**

Diámetro	Para profundidades hasta 6 m
4	0,50 - 0,70
6	0,55 - 0,75
8	0,60 - 0,80
10	0,70 - 0,80
12	0,80
15	0,90
18	1,00 - 1,10
24	1,10 - 1,35

Fuente: Infom-Unepar. *Normas generales para diseño de alcantarillado*. Guatemala. 2001.

#### 2.1.9.6. **Volumen de excavación**

Es el volumen de tierra que deberá ser removido para la colocación adecuada de la tubería. Se calcula con base en el volumen del prisma generado por la profundidad de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de la zanja, según la altura y el diámetro de la tubería. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente.

$$Vol = \frac{(h1 + h2)}{2} * d * z$$

Donde:

Vol. = volumen de excavación

h1 = profundidad del primer pozo

h2 = profundidad del segundo pozo

d = distancia entre pozos

z = ancho de la zanja



#### **2.1.9.7. Cotas invert**

El cálculo de la cota invert de salida se obtiene restando a la cota de terreno la altura inicial del primer pozo. La cota invert de entrada se obtiene mediante la diferencia de cota invert de salida menos la pendiente de diseño por la distancia.

Para determinar la cota invert de salida de tubería en un pozo de visita se debe comparar en forma individual cada tubo de entrada o de tramo inicial que conecte con el pozo en cuestión y con la tubería de corrimiento, aplicando los siguientes criterios.

- Para la tubería de salida de igual diámetro de entrada, la cota invert de salida de un pozo se coloca al menos tres centímetros más baja que la cota invert de entrada.
- Para la tubería de salida con mayor diámetro que la de entrada, la cota invert de salida deberá estar por lo menos una altura por debajo de la cota invert de entrada igual a la diferencia de diámetros de ambas tuberías.
- Para tuberías de salida ubicadas en un pozo de visita al que también están conectados tramos iniciales, la cota invert de salida de la tubería de corrimiento deberá estar por lo menos a una altura por debajo de la cota invert de salida del tramo inicial, igual al diámetro de la tubería de salida.
- Para el cálculo de las cotas invert al final del tramo o cota invert de llegada se utiliza trigonometría. Partiendo de la cota invert de salida y

conociendo la pendiente del tubo y la distancia horizontal efectiva se puede calcular la distancia vertical entre el punto de inicio y el punto final.

$$\text{Dist. vertical} = \frac{\text{pendiente tubería}}{100} * \text{dist. efectiva}$$

#### **2.1.9.8. Ubicación de pozos de visita**

Cuando esté determinada la ruta de la red de alcantarillado se debe tomar en cuenta que los pozos de visita deben estar colocados siempre que exista un cambio de diámetro y cambio de pendiente en el tramo inicial. También se deberán colocar pozos de visita en los casos que se intersecten dos o más tuberías y en distancias curvas no mayores de 30 metros.

#### **2.1.9.9. Profundidad de los pozos de visita**

Cuando se diseña una red de alcantarillado sanitario se debe tomar en cuenta que para determinar la profundidad de los pozos de visita al inicio del tramo esta se define por la cota invert de salida, es decir:

$$\text{HP.V} = \text{cota del terreno al inicio} - \text{cota invert de salida del tramo}$$

#### **2.1.9.10. Características de las conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias deberán ser de 4" si son de PVC y de 6" si son de tubería de concreto; con una pendiente que puede variar entre 2 y 6 por ciento que se conecta de la candela domiciliar a la línea principal con un ángulo de 45 grados en sentido del caudal del colector.

Las cajas domiciliarias se construyen de mampostería con lado menor de 45 centímetros a una altura mínima de 1 metro del nivel del suelo, también es común que se utilice tubería de concreto de diámetro mínimo de 12”.

#### 2.1.9.11. Diseño hidráulico

Este diseño se elabora de acuerdo con las Normas ASTM 3034 y las normas que establece el Infom.

Tabla VII. **Criterios utilizados para el diseño de la red de drenaje sanitario para el cantón Xetuj Bajo**

Período de diseño	30 años
Viviendas actuales	73 viviendas
Viviendas futuras	117 viviendas
Densidad de habitantes/vivienda	6 habitantes por vivienda
Población actual	422 habitantes
Tasa de crecimiento	1,017 %*
Población futura	700 habitantes
Dotación	120 l/hab./día
Factor de retorno	0,75
Velocidades máximas y mínimas	$0,40 < V \leq 4$ m/s.
Tipo y diámetro de tubería mínimo	PVC de 8 pulgadas $n = 0,010$
<b>Conexión domiciliar</b>	
Tipo y diámetro de tubería	PVC de 4 pulgadas
Candela	Concreto 12 pulgadas de Ø
<b>Pozo de visita</b>	
Altura de cono	0,90 m
Diámetro superior mínimo	0,75 m
Diámetro inferior mínimo	1,20 m

Fuente: elaboración propia,  
con \*Información Estadística y Social del Municipio de Quetzaltenango.  
UIEP-Proinfo 2000-2002.

- Ejemplo de un tramo

Se analizó el ramal 2 dentro del tramo 3, en el cual se verifica si se cumple con todas las normas de diseño requeridas por el Infom o por las normas del fabricante, con velocidades máximas y mínimas, tirante mínimo y máximo dentro de la tubería.

Cota terreno inicio: 969 185 metros

Cota terreno final: 956 445 metros

Distancia: 60,69 metros

Viviendas del tramo: 5 unidades

Población actual = 30 habitantes

Población futura = 50 Habitantes

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{956\,445 - 969\,185}{60,69} * 100 = 20,99 \%$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{(120 \text{ l/hab}) / \text{día} * 50 \text{ hab} * 0,75}{(86\,400)} = 0,052 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{ilic.}} = \frac{((0,5) * 0,052 \text{ l/s})}{100} = 0,0026 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{sanitario}} = 0,052 + 0,0026 = 0,054 \text{ l/s}$$

Factor de caudal medio

Según Dirección General de Obras Públicas, (DGOB):

$$0,002 \leq F_{\text{qm.}} \leq 0,005$$

$$f_{qm} = \frac{0,054}{50} = 0,001$$

Ya que el valor es menor que el rango del factor de caudal medio se asume su valor más próximo el cual es 0,002.

Factor de Harmond

$$FH = \frac{18 + \sqrt{0,05}}{4 + \sqrt{0,05}} = 2,27$$

Caudal de diseño

$$Q_{dis} = 50 * 2,27 * 0,002$$

$$Q_{dis} = 0,22 \text{ l/s}$$

Sumando el caudal proveniente del tramo 2 se obtiene el caudal de diseño acumulado:

$$Q_{dis} = 0,22 + 1,36$$

$$Q_{dis} = 1,58 \text{ l/s}$$

Utilizando un diámetro de 8 pulgadas y una pendiente igual a 0,008 se tiene que, utilizando la fórmula de Manning, se calcula la velocidad y el caudal a sección llena del tubo, donde:

$$V = \frac{0,0254 * d^{\frac{2}{3}} * s^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0,0254 \cdot 8^{\frac{2}{3}} \cdot 0,008^{1/2}}{0,013} = 1,36 \text{ m/s}$$

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = 1,36 \cdot \pi \cdot \frac{8^2}{2} \cdot 0,008 = 10,19 \text{ l/s}$$

Relación hidráulica

$$q/Q = 0,15902$$

$$v/V = 0,7300$$

$$V = 0,99 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ok}$$

$$d/D = 0,2700$$

$$D = 0,2700 \quad \text{ok}$$

De acuerdo con estos resultados se comprueba que se cumplen los rangos de velocidades máximas y mínimas. Los demás resultados se encuentran en la tabla hidráulica en anexos.

El sistema diseñado será conectado a la red pública al final del tramo 6 como se observa en los planos adjuntos.

### **2.1.10. Diseño de fosas sépticas**

Para desfogar las aguas recolectadas en los distintos ramales que componen este sistema de drenajes se utilizará la conexión a la red pública de alcantarillado, pero por fines académicos se ejemplifica el diseño de una fosa séptica.

La fosa séptica es una unidad de tratamiento primario, consistente en una o varias cámaras convenientemente construidas para retener las aguas residuales. Su función es sedimentar y digerir los sólidos; permite la retención del material de grasas contenido en las aguas residuales, transformándolos anaeróbicamente en sustancias y compuestos más simples y estables.

Para el mantenimiento se deberá hacer una inspección cada seis meses y una limpieza cada dos años, extrayendo el 90 % de los lodos existentes; el 10 % deberá permanecer en la fosa ya que servirá para inocular las futuras aguas residuales.

Tramo: PV – 23 a PV – 22

Viviendas actuales: 5

Población actual: 30 habitantes

Población futura: 50 habitantes

F.H. = 2,27

Fqm = 0,002

- Caudal de diseño para la fosa

$$Q_d = f_{qm} * F.H. * \text{núm. habitantes}$$

$$Q_d = 0,002 * 2,27 * 50$$

$$Q_d = 0,22 \text{ lt/seg}$$

Tiempo de retención 12-24 hrs.

Se asume un TR = 12 hrs.

- Volumen fosa séptica

Volumen de sedimentación

$$V_s = Q_d * T.R.$$

$$V_s = 19,61 \text{ m}^3/\text{día} * 0,5 \text{ días} = 9,8064 \text{ m}^3.$$

- Volumen de acumulación de lodos

Vd = volumen de acumulación de lodos

$$V_d = P_{ob} * T.A.L. * P.L.$$

Donde:

Pob = población servida

TAL = tasa de acumulación de lodos

P.L. = período de limpieza



Si se toma un requerimiento anual de acumulación de lodos de 65 lt/hab/año y un período de limpieza de 1 año:

$$V_d = (50 \text{ hab}) * (65 \text{ lt/hab/año}) * (1 \text{ año}/1000)$$

$$V_d = 3,256 \text{ m}^3$$

- Volumen total de fosa séptica

$$V_{fs} = V_s + V_d$$

$$V_{fs} = 9,8064 + 3,256 = 13,0564 \text{ m}^3$$

- Dimensionamiento

$$H = 3 \text{ m.}$$

$$A_s = 13,0564/3 = 4,40 \text{ m}^2$$

- Profundidad máxima de espuma sumergida

$$H_e = \frac{0,6}{A_s}$$

$$H_e = 0,60/4,40 = 0,131 \text{ m}$$

Profundidad libre de lodo

$$H_{omin} = 0,30 \text{ cm}$$

- Profundidad mínima de sedimentación

$$H_s = \frac{V_s}{A_s}$$

$$H_s = \frac{9,8064}{4,40} = 2,21 \text{ m.}$$

Profundidad espacio libre

Hlibre: el mayor entre Hs y Ho + 0,1

$$H_o + 0,1 = 0,40 \text{ m}$$

$$H_s = 2,12 \text{ m}$$

$$H_l = 2,12 \text{ m.}$$

Profundidad digestión y almacenamiento de lodos

$$H_d = \frac{Vol}{A}$$

$$H_d = \frac{3,256}{4,40} = 0,73 \text{ m}$$

Profundidad efectiva

$$H_{te} = H_d + H_l + H_e.$$

$$H_{te} = 0,73 + 2,12 + 0,01 = 2,85 \text{ m}$$

Utilizando una relación de profundidad y ancho de 1:2 y ancho largo de 1:2 se obtienen las dimensiones de la fosa:

- Ancho = 8,50 m
- Largo = 17,00 m

#### **2.1.11. Pozos de absorción**

Un pozo de absorción es una cámara cubierta de paredes porosas que permite que el agua se filtre lentamente al terreno. Estos se pueden dejar vacíos y recubrir con un material poroso para dar soporte y evitar que se colapse; o dejar sin cubrir y llenar con piedras grandes y grava, que dejarán espacio adecuado para las aguas residuales. Una capa de arena y grava fina debe ser repartida en el fondo para ayudar a que se disperse el flujo.

Como el agua residual se filtra por el terreno desde el pozo de absorción, pequeñas partículas se filtran en la matriz del terreno y los materiales orgánicos son digeridos por microorganismos. Así, los pozos de absorción son los más adecuados para terrenos con buenas propiedades de absorción; pero no lo son para terrenos con barro, compactos o rocosos. Es importante mencionar que es la última unidad de tratamiento, para evitar contaminar aguas subterráneas.

##### **2.1.11.1. Dimensionamiento de pozos de absorción**

Para calcular la dimensión del pozo no debe considerarse el fondo de la excavación como sección filtrante, sino la superficie de las paredes bajo la línea del agua, determinada por el nivel de la tubería de llegada. Conocido el coeficiente de absorción, la profundidad se determina con base en la siguiente fórmula.

$$H = \frac{\text{Área filtrante}}{d * \pi}$$

Donde:

Área filtrante = área requerida para la infiltración

D = diámetro del pozo

El área filtrante viene dada en función de la capacidad de absorción del suelo y el aporte de aguas residuales de la población.

$$\text{Área filtrante} = \frac{\text{Aporte de aguas residuales} * \text{No. habitantes}}{q}$$

Donde:

Aporte de aguas residuales = dotación de agua potable \* factor de retorno

q = factor de la capacidad de absorción del suelo

#### **2.1.12. Presupuesto del proyecto**

En la integración del presupuesto se consideraron como costos directos la mano de obra calificada, la no calificada, las prestaciones laborales, los materiales de construcción y el transporte de los mismos. Como costos indirectos se consideró la supervisión técnica, los costos de administración y la utilidad, asumiendo un costo de indirectos de 40 por ciento. Los salarios de la mano de obra se estimaron con base en el salario mínimo establecido por la ley. En cuanto al precio de los materiales se tomaron los que se manejan en la región.

Tabla VIII. **Presupuesto general del proyecto de alcantarillado sanitario para el cantón Xetuj Bajo**

Renglón	Concepto	Unidad	CANTIDAD	Costo Unitario	Costo
1	TRABAJOS PRELIMINARES	ML	1 667,77	Q 5,97	Q 9 956,59
2	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ZANJA	M3	1 458,43	Q 8,42	Q 12 279,98
3	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	ML	1 667,77	Q 328,52	Q 547 895,80
4	POZO DE VISITA ( $H_{PROM}=1,21m$ )	U	40,00	Q 2 794,76	Q 111 790,40
5	CANDELAS DOMICILIARES	U	73,00	Q 1 704,57	Q 124 433,61
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 806 356,38
COSTO REDONDEADO					Q 806 356,00
COSTO POR METRO SUGERIDO					Q 483,00

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.13. Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica de un proyecto tiene como principal propósito elaborar indicadores de su rentabilidad social a través del análisis de beneficio costo. El costo de un proyecto es la suma del valor de los recursos utilizados en una obra, y cuya aplicación se justifica si a partir de la utilización de ellos se genera un beneficio directo o indirecto para la comunidad.

#### 2.1.13.1. Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión; y si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor de empresa. Ese cambio en el valor estimado puede ser positivo, negativo o continuar igual. Si es positivo significa que la opción es rentable, y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad. Si es negativo y el resultado es un valor negativo muy

grande alejado de cero, está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable. Si el resultado es cero, el proyecto no modificará el monto de su valor.

Las ecuaciones del VPN son:

$$P = F \left[ \frac{1}{(1 - i)^n - 1} \right] \quad P = A \left[ \frac{(1 - i)^n - 1}{i(1 - i)^n} \right]$$

Donde:

P= valor de pago único en el valor inicial a la operación o valor presente.

F= valor de pago único al final del período de la operación o valor de pago futuro.

A= valor de pago uniforme en un período determinado o valor de pago constante o renta, de ingreso o egreso.

i= tasa de interés de cobro por la operación o tasa de utilidad por la inversión a una solución.

n= período que pretende la duración de la operación.

$$P = 806346,97 \left[ \frac{1}{(1 - 0)^{30} - 1} \right]$$

$$P = 806346,97$$

Debido a que la ejecución del proyecto no generará ningún ingreso económico, el valor presente neto equivale al costo total del proyecto.

### 2.1.13.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se conoce como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad, por lo que se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima, el costo de oportunidad de la inversión. Si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada por la TIR, supera la tasa de corte se acepta la inversión, en caso contrario se rechaza.

La tasa interna de retorno puede calcularse mediante las ecuaciones siguientes:

- $(P-L) * (R/P, i\%, n) + L*i + D = I$

Donde:

P = inversión inicial

L = valor de rescate

D = serie uniforme de todos los costos

I = ingresos anuales

- Costo anual = ingreso anual

Como se observa en ambas ecuaciones es necesario contar con un valor de ingreso anual. Por ser este proyecto de carácter social no se posee un ingreso por lo que no es posible calcular la tasa interna de retorno.

### 2.1.14. Cronograma de actividades

A continuación se muestra el cronograma de actividades en la tabla IX.

Tabla IX. Cronograma de ejecución físicafinanciera

Renglón	Concepto	MES 1	MES 2	MES 3	AVANCE FÍSICO	AVANCE FINANCIERO
1	TRABAJOS PRELIMINARES	■			7,69%	Q 62 008,81
2	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ZANJA	■	■		30,77%	Q 248 115,86
3	INSTALACIÓN DE TUBERÍA		■		53,85%	Q 434 222,91
4	POZO DE VISITA ( $H_{PROM}=1,21m$ )		■	■	76,92%	Q 620 249,33
5	CANDELAS DOMICILIARES			■	100,00%	Q 806 356,38

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.15. Evaluación del impacto ambiental (EIA)

Para la determinación del impacto ambiental que generará el proyecto se emplea el método de la matriz de Leopold. Este consiste en un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental y se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural. El sistema consiste en una matriz con columnas representando varias actividades que ejerce un proyecto y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados. Las intersecciones entre ambas se enumeran con dos valores, uno indica la magnitud de -10 a +10 y el segundo la importancia de 1 a 10 del impacto de la actividad respecto a cada factor ambiental. Para este proyecto se procedió a dar valores en el rango de -5 a 5 al resultado de cada acción sobre cada factor ambiental, donde los valores muestran si el impacto será positivo o negativo.

Según la matriz de Leopold el proyecto no tendrá impacto ambiental, sin embargo se hace notorio que el proyecto pudiera tener un impacto negativo en las aguas subterráneas de los alrededores del proyecto. Esto se pretenderá



evitar por medio de la adecuada utilización de las fosas sépticas, sumado a ello se deberá tener especial atención a su mantenimiento.

Tabla X. **Matriz de Leopold**

			Planificación	Construcción				Operación				
			Trazo	Instalaciones provisionales	Movimiento de tierras	Instalación de tubería	Instalación de conexiones domiciliarias	Operación del sistema	Mantenimiento del sistema	IMPACTO EN AMBIENTE	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
Medio físico	Aire	Ruido	0	0	-1	2	3	1	3	8		
			4	4	4	5	4	5	5		31	
		Humo y gases	1	1	-2	1	4	4	4	4	13	
			4	5	4	3	3	5	5		29	
	Polvo	0	0	-1	0	2	2		3			
		2	4	5	2	5	5	5		28		
		Tierra	Calidad del suelo	0	1	-1	0	0	1	1	2	
				2	3	2	4	5	5	5		26
	Erosión		1	1	0	-1	-1	1	3	1		
			2	3	4	4	5	5	4		27	
	Agua	Subterránea	0	-1	-1	-1	-1	1	2	-3		
			3	3	4	4	4	4	4		26	
Ríos		2	-1	3	-1	0	0	2	3			
		3	3	4	3	5	5	3		26		
Medio Biológico	Fauna	-1	-1	0	0	2	2	1	2			
		5	2	3	3	2	2	2		19		
	Cobertura vegetal	-1	-1	0	0	3	3	3	4			
		4	3	4	2	5	5	4		27		
	Paisaje	1	1	0	2	0	0	1	4			
		4	4	4	3	5	5	5	5	35		
Medio Socio-económico	Calidad de vida	0	0	0	0	0	0	0	0			
		0	1	1	3	4	5			14		

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Consideraciones para el diseño de carretera hacia cantón Candelaria, Quetzaltenango, Quetzaltenango**

A continuación se muestran las consideraciones para diseñar la carretera hacia cantón Candelaria.

### **2.2.1. Descripción del lugar**

La comunidad del cantón Candelaria del municipio de Quetzaltenango se encuentra ubicado al sur del municipio. Alrededor del 50 por ciento de sus pobladores cuentan con servicio de agua potable proveniente de la red pública de abastecimiento y energía eléctrica. La mayoría de los pobladores no cuenta con un adecuado sistema de disposición de aguas residuales ya que solo 5 por ciento se conecta la red pública de alcantarillado.

La población se conforma de hombres en un 55 por ciento, quienes se encuentran comprendidos mayormente entre los 5 y 15 años; y el 45 por ciento restante son mujeres comprendidas en su mayoría en edades de 10 y 25 años.

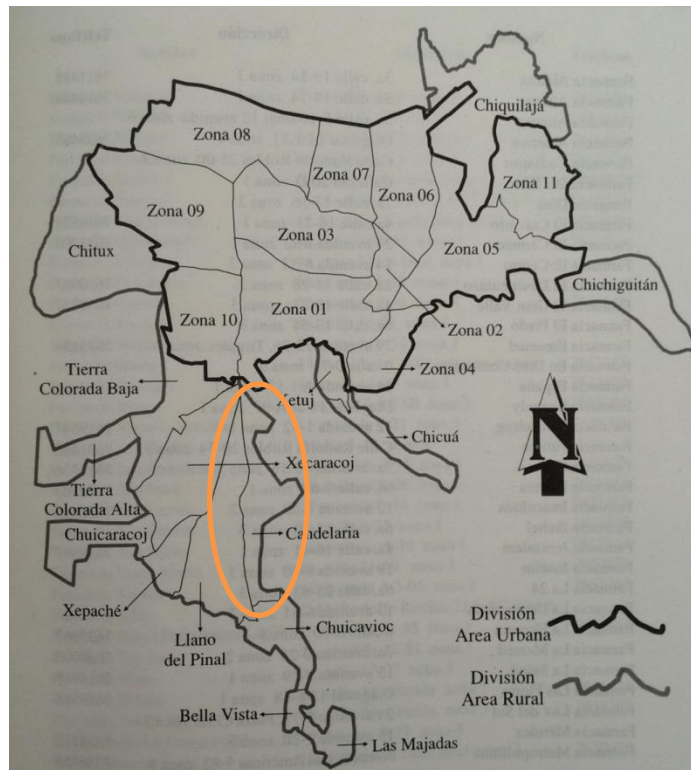
La comunidad, por encontrarse en el área rural del municipio, se dedica principalmente al cultivo de tubérculos como papa, granos como maíz y frijol. En el cantón no se haya ninguna industria y solamente cuenta con comercios informales, como comedores y un mercado.

#### **2.2.1.1. Localización y descripción**

El cantón Candelaria está localizado al sureste del municipio y colinda al oeste con Llano del Pinal, al sur con Chuicavioc, al norte con el municipio de Almolonga y al este con el municipio de Zunil. El cantón está localizado en la

latitud 14°49'01" O y longitud 91°32'11" N y se encuentra a 2411 metros sobre el nivel del mar.

**Figura 5. Ubicación de proyecto 2**



Fuente: Información Estadística y Social del Municipio de Quetzaltenango.  
UIEP-Proinfo 2000-2002.

### **2.2.1.2. Vías de comunicación**

Para acceder al cantón se tienen al menos dos alternativas, la primera es la Diagonal 12 y la avenida Las Américas, ambas provenientes de la zona 1 urbana de Quetzaltenango, que se interceptan en un camino pavimentado alrededor de 500 metros para luego encontrar un camino de terracería que es propiamente el acceso al cantón. La segunda opción es ingresar por el Llano

del Pinal, que es el cantón vecino, que cuenta con una carretera pavimentada que conecta con Candelaria. Existe una tercera alternativa por el cantón Chicavioc, pero solo cuenta con caminos de terracería lo que dificulta el acceso y se vuelve impráctico como una vía de comunicación.

#### **2.2.1.3. Condiciones ambientales**

Se ha determinado que Quetzaltenango, como municipio, tiene la peor calidad de aire monitoreado, y que supera los niveles de contaminación atmosférica de la ciudad capital. En lo que va del año 2015 se han emitido dos alertas de ambiente insalubre por la concentración de partículas de humo, polvo, agua, entre otros elementos. En cuanto al cantón Candelaria, por ubicarse fuera del casco urbano, aún cuenta con una buena calidad de aire y agua, sin embargo por ser una zona de explotación agrícola, el suelo se encuentra deforestado en porcentajes no muy altos, pero se deberá tener especial atención a medida que el área para cultivo incrementa según las necesidades de los pobladores.

#### **2.2.2. Preliminares**

Para la construcción de una carretera se deberá contar con los permisos necesarios para poder ejecutar las actividades relacionadas con la obra; así como delimitar la zona de trabajo por medio de un levantamiento topográfico para poder comenzar a recoger los materiales de desechos que bordean el lugar limitado para trabajar en toda su longitud del proyecto.

### **2.2.2.1. Levantamiento topográfico**

Para el trazo de la línea preliminar se generan curvas de nivel del modelo digital y se ubican en el plano los puntos obligados de paso; dos puntos obligados son el inicio y el final del camino, los cuales fueron ubicados y referenciados en el reconocimiento preliminar de campo.

El levantamiento topográfico se realizó con un teodolito, estadal, cinta métrica, plomada y trompos de madera. Antes de realizar los cálculos topográficos de planimetría y altimetría se debe revisar la libreta de campo para comprobar que la información sea coherente y no existan errores.

#### **2.2.2.1.1. Planimetría**

La planimetría solo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, es decir la vista en planta que se supone que es la superficie media de la tierra. Esta proyección es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula el área de un terreno. En este caso aquí no interesan las diferencias relativas de las elevaciones entre los diferentes puntos del terreno.

#### **2.2.2.1.2. Altimetría**

Esta palabra se refiere a los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión del terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción. Para ello es necesario medir distancias verticales y horizontales, ya sea directa o indirectamente.

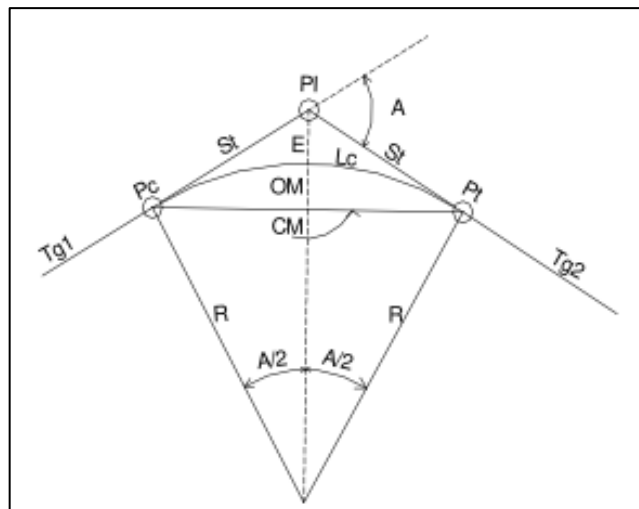
### 2.2.3. Diseño de carretera

El diseño en planta de una vía está configurado por tramos rectos unidos entre sí por curvas. El trazo de curvas se emplea en la construcción de vías para conectar dos líneas de diferente dirección o pendiente.

#### 2.2.3.1. Cálculo de elementos de curva horizontal

Las curvas circulares se utilizan para empalmar tramos rectos, estas curvas deben cumplir con ciertas características como: facilidad de trazo, economía y deben ser diseñadas de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Figura 6. Componentes de curva horizontal



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D 2012.

Tabla XI. Clasificación y características de las carreteras

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA															
			E			D			C			B			A			
TPDA	EN EL HORIZONTE DEL PROYECTO	Velocidad	HASTA 100			100 a 500			500 a 1500			1500 a 3000			MAS DE 3000			
TERRENO	MONTAÑOSO																	
	ONDULADO	-																
	PLANO																	
VELOCIDAD DE PROYECTO		Km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		m	30	40	55	75	95	115	135	155	175	195	215	235	255	275	295	315
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE		m	-	-	-	-	-	135	100	225	270	315	360	405	450	495	540	585
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA		°	60	30	17	11	5	60	30	17	11	75	55	425	475	525	575	630
CURVAS VERTICALES	K	m/%	4	7	12	23	36	3	4	9	14	20	4	6	14	20	31	43
	COLUMPIO	m/%	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	25	31	37	43	49	55
LONGITUD MINIMA		m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	40	50	60	60	60
PENDIENTE GOBERNADORA		%	9	7	-	-	-	9	6	-	6	5	-	5	4	-	4	3
PENDIENTE MÁXIMA		%	13	10	7	-	-	12	9	6	9	7	5	7	6	4	6	5
LONGITUD CRÍTICA		m	VER FIG. No. 004.4			VER FIG. No. 004.4			VER FIG. No. 004.4			VER FIG. No. 004.4			VER FIG. No. 004.4			
ANCHO DE CALZADA		m	4.0			6.0			6.0			7.0			7.0			
ANCHO DE CORONA		m	4.0			6.0			7.0			9.0			12.0			
ANCHO DE HOMBROS		m	-			-			0.5			1.0			2.5			
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL		m	-			-			-			-			-			
BOMBEO		%	3			3			2			2			2			
SOBRE ELEVACIÓN MÁXIMA		%	10			0			10			10			10			
SOBRE ELEVACIÓN PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO		%	VER TABLA No. 004 - 4			VER TABLA No. 004 - 5			VER TABLA No. 004 - 6			VER TABLA No. 004 - 7			VER TABLA No. 004 - 8			
APLICACIONES Y LONGITUDES MÍNIMAS DE TRANSICIONES		m																

Fuente: Dirección General de Caminos.

#### **2.2.3.1.1. Grado máximo de curvatura**

El grado de curvatura es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros. El grado máximo de curvatura que puede tener una curva es aquel que le permite al vehículo recorrer con seguridad la curva con la sobreelevación máxima a la velocidad de proyecto. Se representa de la siguiente manera.

$$G = \frac{1145\ 9156}{R}$$

Donde:

R = radio

#### **2.2.3.1.2. Longitud de curva**

La longitud de curva es la longitud de arco comprendida entre el principio de curva PC y el principio de tangente PT, cuyo ángulo central es la deflexión  $A^\circ$  y está representada por la siguiente fórmula.

$$L_c = \frac{A^\circ * 20}{G}$$

Donde:

$A^\circ$  = ángulo de deflexión entre tangentes

#### **2.2.3.1.3. Subtangente**

Es la distancia entre el punto de intersección PI y el principio de curva PC, medida sobre la prolongación de las tangentes, y se representa como ST. Su ecuación se obtiene del triángulo rectángulo formado por PI-0-PT, se tiene:



$$St = R * \tan(A^{\circ}/2)$$

#### **2.2.3.1.4. Cuerda máxima**

Es la distancia medida en línea recta desde el principio de curva PC al principio de tangente PT; y está relacionada con el radio de curva y el ángulo de deflexión entre tangentes.

$$Cm = 2 * R * \sin(A^{\circ}/2)$$

#### **2.2.3.1.5. External**

Es la distancia desde el punto de intersección PI al punto medio de la curva.

$$E = R * \frac{1 - \cos\left(\frac{A^{\circ}}{2}\right)}{\cos\left(\frac{A^{\circ}}{2}\right)}$$

#### **2.2.3.1.6. Peralte**

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirve para contrarrestar la fuerza centrífuga que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia fuera de su trayecto. Esta inclinación generalmente gira alrededor del eje de la carretera, ya que de esta forma los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión, por ende mejor transición.

En la tabla XII se encuentran, para los distintos grados de curvatura, la medida del peralte que debe aplicarse teniendo en cuenta la velocidad de diseño. Para un  $G = 28^{\circ}$  y una velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora para carretera tipo D corresponde un peralte (e %) = 8,5 por ciento.

Tabla XII. Peralte y longitud de espiral recomendados

G	RADIO	30 K.P.H.			40 K.P.H.			50 K.P.H.			60 K.P.H.			70 K.P.H.			80 K.P.H.			90 K.P.H.			100 K.P.H.			110 K.P.H.			120 K.P.H.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		D <sub>b</sub> =27	1:125	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =30	1:140	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =33	1:155	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =37	1:170	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =40	1:185	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =43	1:200	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =46	1:215	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =50	1:230	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =53	1:245	Δ	e%	Ls	Δ	D <sub>b</sub> =55	1:250	Δ	e%	Ls	Δ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1'	1145.92	BN	17	0'51"	BN	23	1'09"	BN	23	1'09"	BN	28	1'24"	BN	28	1'24"	BN	28	1'24"	BN	34	1'42"	BN	34	1'42"	BN	39	1'57"	BN	39	1'57"	BN	45	2'15"	BN	45	2'15"	BN	50	2'30"	BN	50	2'30"	BN	56	2'48"	BN	56	2'48"	BN	62	3'06"	BN	62	3'06"	BN	68	3'24"	BN	68	3'24"	BN	74	3'42"	BN	74	3'42"	BN	80	4'00"	BN	80	4'00"	BN	86	4'18"	BN	86	4'18"	BN	92	4'36"	BN	92	4'36"	BN	98	4'54"	BN	98	4'54"	BN	104	5'12"	BN	104	5'12"	BN	110	5'30"	BN	110	5'30"	BN	116	5'48"	BN	116	5'48"	BN	122	6'06"	BN	122	6'06"	BN	128	6'24"	BN	128	6'24"	BN	134	6'42"	BN	134	6'42"	BN	140	7'00"	BN	140	7'00"	BN	146	7'18"	BN	146	7'18"	BN	152	7'36"	BN	152	7'36"	BN	158	7'54"	BN	158	7'54"	BN	164	8'12"	BN	164	8'12"	BN	170	8'30"	BN	170	8'30"	BN	176	8'48"	BN	176	8'48"	BN	182	9'06"	BN	182	9'06"	BN	188	9'24"	BN	188	9'24"	BN	194	9'42"	BN	194	9'42"	BN	200	10'00"	BN	200	10'00"	BN	206	10'18"	BN	206	10'18"	BN	212	10'36"	BN	212	10'36"	BN	218	10'54"	BN	218	10'54"	BN	224	11'12"	BN	224	11'12"	BN	230	11'30"	BN	230	11'30"	BN	236	11'48"	BN	236	11'48"	BN	242	12'06"	BN	242	12'06"	BN	248	12'24"	BN	248	12'24"	BN	254	12'42"	BN	254	12'42"	BN	260	13'00"	BN	260	13'00"	BN	266	13'18"	BN	266	13'18"	BN	272	13'36"	BN	272	13'36"	BN	278	13'54"	BN	278	13'54"	BN	284	14'12"	BN	284	14'12"	BN	290	14'30"	BN	290	14'30"	BN	296	14'48"	BN	296	14'48"	BN	302	15'06"	BN	302	15'06"	BN	308	15'24"	BN	308	15'24"	BN	314	15'42"	BN	314	15'42"	BN	320	16'00"	BN	320	16'00"	BN	326	16'18"	BN	326	16'18"	BN	332	16'36"	BN	332	16'36"	BN	338	16'54"	BN	338	16'54"	BN	344	17'12"	BN	344	17'12"	BN	350	17'30"	BN	350	17'30"	BN	356	17'48"	BN	356	17'48"	BN	362	18'06"	BN	362	18'06"	BN	368	18'24"	BN	368	18'24"	BN	374	18'42"	BN	374	18'42"	BN	380	19'00"	BN	380	19'00"	BN	386	19'18"	BN	386	19'18"	BN	392	19'36"	BN	392	19'36"	BN	398	19'54"	BN	398	19'54"	BN	404	20'12"	BN	404	20'12"	BN	410	20'30"	BN	410	20'30"	BN	416	20'48"	BN	416	20'48"	BN	422	21'06"	BN	422	21'06"	BN	428	21'24"	BN	428	21'24"	BN	434	21'42"	BN	434	21'42"	BN	440	22'00"	BN	440	22'00"	BN	446	22'18"	BN	446	22'18"	BN	452	22'36"	BN	452	22'36"	BN	458	22'54"	BN	458	22'54"	BN	464	23'12"	BN	464	23'12"	BN	470	23'30"	BN	470	23'30"	BN	476	23'48"	BN	476	23'48"	BN	482	24'06"	BN	482	24'06"	BN	488	24'24"	BN	488	24'24"	BN	494	24'42"	BN	494	24'42"	BN	500	25'00"	BN	500	25'00"	BN	506	25'18"	BN	506	25'18"	BN	512	25'36"	BN	512	25'36"	BN	518	25'54"	BN	518	25'54"	BN	524	26'12"	BN	524	26'12"	BN	530	26'30"	BN	530	26'30"	BN	536	26'48"	BN	536	26'48"	BN	542	27'06"	BN	542	27'06"	BN	548	27'24"	BN	548	27'24"	BN	554	27'42"	BN	554	27'42"	BN	560	28'00"	BN	560	28'00"	BN	566	28'18"	BN	566	28'18"	BN	572	28'36"	BN	572	28'36"	BN	578	28'54"	BN	578	28'54"	BN	584	29'12"	BN	584	29'12"	BN	590	29'30"	BN	590	29'30"	BN	596	29'48"	BN	596	29'48"	BN	602	30'06"	BN	602	30'06"	BN	608	30'24"	BN	608	30'24"	BN	614	30'42"	BN	614	30'42"	BN	620	31'00"	BN	620	31'00"	BN	626	31'18"	BN	626	31'18"	BN	632	31'36"	BN	632	31'36"	BN	638	31'54"	BN	638	31'54"	BN	644	32'12"	BN	644	32'12"	BN	650	32'30"	BN	650	32'30"	BN	656	32'48"	BN	656	32'48"	BN	662	33'06"	BN	662	33'06"	BN	668	33'24"	BN	668	33'24"	BN	674	33'42"	BN	674	33'42"	BN	680	34'00"	BN	680	34'00"	BN	686	34'18"	BN	686	34'18"	BN	692	34'36"	BN	692	34'36"	BN	698	34'54"	BN	698	34'54"	BN	704	35'12"	BN	704	35'12"	BN	710	35'30"	BN	710	35'30"	BN	716	35'48"	BN	716	35'48"	BN	722	36'06"	BN	722	36'06"	BN	728	36'24"	BN	728	36'24"	BN	734	36'42"	BN	734	36'42"	BN	740	37'00"	BN	740	37'00"	BN	746	37'18"	BN	746	37'18"	BN	752	37'36"	BN	752	37'36"	BN	758	37'54"	BN	758	37'54"	BN	764	38'12"	BN	764	38'12"	BN	770	38'30"	BN	770	38'30"	BN	776	38'48"	BN	776	38'48"	BN	782	39'06"	BN	782	39'06"	BN	788	39'24"	BN	788	39'24"	BN	794	39'42"	BN	794	39'42"	BN	800	40'00"	BN	800	40'00"	BN	806	40'18"	BN	806	40'18"	BN	812	40'36"	BN	812	40'36"	BN	818	40'54"	BN	818	40'54"	BN	824	41'12"	BN	824	41'12"	BN	830	41'30"	BN	830	41'30"	BN	836	41'48"	BN	836	41'48"	BN	842	42'06"	BN	842	42'06"	BN	848	42'24"	BN	848	42'24"	BN	854	42'42"	BN	854	42'42"	BN	860	43'00"	BN	860	43'00"	BN	866	43'18"	BN	866	43'18"	BN	872	43'36"	BN	872	43'36"	BN	878	43'54"	BN	878	43'54"	BN	884	44'12"	BN	884	44'12"	BN	890	44'30"	BN	890	44'30"	BN	896	44'48"	BN	896	44'48"	BN	902	45'06"	BN	902	45'06"	BN	908	45'24"	BN	908	45'24"	BN	914	45'42"	BN	914	45'42"	BN	920	46'00"	BN	920	46'00"	BN	926	46'18"	BN	926	46'18"	BN	932	46'36"	BN	932	46'36"	BN	938	46'54"	BN	938	46'54"	BN	944	47'12"	BN	944	47'12"	BN	950	47'30"	BN	950	47'30"	BN	956	47'48"	BN	956	47'48"	BN	962	48'06"	BN	962	48'06"	BN	968	48'24"	BN	968	48'24"	BN	974	48'42"	BN	974	48'42"	BN	980	49'00"	BN	980	49'00"	BN	986	49'18"	BN	986	49'18"	BN	992	49'36"	BN	992	49'36"	BN	998	49'54"	BN	998	49'54"	BN	1004	50'12"	BN	1004	50'12"	BN	1010	50'30"	BN	1010	50'30"	BN	1016	50'48"	BN	1016	50'48"	BN	1022	51'06"	BN	1022	51'06"	BN	1028	51'24"	BN	1028	51'24"	BN	1034	51'42"	BN	1034	51'42"	BN	1040	52'00"	BN	1040	52'00"	BN	1046	52'18"	BN	1046	52'18"	BN	1052	52'36"	BN	1052	52'36"	BN	1058	52'54"	BN	1058	52'54"	BN	1064	53'12"	BN	1064	53'12"	BN	1070	53'30"	BN	1070	53'30"	BN	1076	53'48"	BN	1076	53'48"	BN	1082	54'06"	BN	1082	54'06"	BN	1088	54'24"	BN	1088	54'24"	BN	1094	54'42"	BN	1094	54'42"	BN	1100	55'00"	BN	1100	55'00"	BN	1106	55'18"	BN	1106	55'18"	BN	1112	55'36"	BN	1112	55'36"	BN	1118	55'54"	BN	1118	55'54"	BN	1124	56'12"	BN	1124	56'12"	BN	1130	56'30"	BN	1130	56'30"	BN	1136	56'48"	BN	1136	56'48"	BN	1142	57'06"	BN	1142	57'06"	BN	1148	57'24"	BN	1148	57'24"	BN	1154	57'42"	BN	1154	57'42"	BN	1160	58'00"	BN	1160	58'00"	BN	1166	58'18"	BN	1166	58'18"	BN	1172	58'36"	BN	1172	58'36"	BN	1178	58'54"	BN	1178	58'54"	BN	1184	59'12"	BN	1184	59'12"	BN	1190	59'30"	BN	1190	59'30"	BN	1196	59'48"	BN	1196	59'48"	BN	1202	60'06"	BN	1202	60'06"	BN	1208	60'24"	BN	1208	60'24"	BN	1214	60'42"	BN	1214	60'42"	BN	1220	61'00"	BN	1220	61'00"	BN	1226	61'18"	BN	1226	61'18"	BN	1232	61'36"	BN	1232	61'36"	BN	1238	61'54"	BN	1238	61'54"	BN	1244	62'12"	BN	1244	62'12"	BN	1250	62'30"	BN	1250	62'30"	BN	1256	62'48"	BN	1256	62'48"	BN	1262	63'06"	BN	1262	63'06"	BN	1268	63'24"	BN	1268	63'24"	BN	1274	63'42"	BN	1274	63'42"	BN	1280	64'00"	BN	1280	64'00"	BN	1286	64'18"	BN	1286	64'18"	BN	1292	64'36"	BN	1292	64'36"	BN	1298	64'54"	BN	1298	64'54"</

### 2.2.3.1.7. Procedimiento de cálculo de curva horizontal

A continuación se muestra el procedimiento de cálculo de curva horizontal.

Datos:

$A^\circ$  (ángulo de deflexión) =  $1^\circ 26' 11''$

$R = 40 \text{ m}$

- Grado de curvatura:

$$G = \frac{1145 \ 9156}{40} = 28,647^\circ$$

- Longitud de curva:

$$L_c = \frac{20 * 01^\circ 26' 11''}{28,647^\circ} = 1,003 \text{ m}$$

- Subtangente:

$$St = 40 * \tan\left(\frac{01^\circ 26' 11''}{2}\right) = 0,501 \text{ m}$$

- Cuerda máxima:

$$C_m = 2 * 40 * \sin\left(\frac{01^\circ 26' 11''}{2}\right) = 1,003 \text{ m}$$

- External:

$$= 40 * \frac{1 - \cos\left(\frac{01^\circ 26' 11''}{2}\right)}{\cos\left(\frac{01^\circ 26' 11''}{2}\right)} = 0,0003 \text{ m}$$

Tabla XIII. Resumen diseño geométrico

Curva	Delta	Radio	Grado de curvatura	Longitud de Curva	Subtangente	Cuerda Máxima	e%
1	01°53'42"	50,00	22,91	1,653	0,826	1,653	6,83
2	04°19'43"	50,00	22,91	2,031	1,889	3,776	3,56
3	01°51'40"	50,00	22,91	1,624	0,812	1,624	0,65
4	03°19'31"	50,00	22,91	2,902	1,451	2,901	2,10
5	7°52'19"	50,00	22,91	6,872	3,440	6,864	11,82
6	11°00'57"	45,00	26,46	8,651	4,821	8,638	20,87
7	05°16'29"	45,00	26,46	3,986	2,072	4,141	4,77
8	08°44'30"	45,00	26,46	6,607	3,495	6,859	13,12
9	10°53'37"	45,00	26,46	8,234	4,290	8,542	20,41
10	08°02'55"	25,00	45,83	3,511	1,758	3,508	0,07
11	11°55'03"	25,00	45,83	5,201	2,609	5,190	0,04
12	36°41'40"	5,00	229,18	3,202	1,658	3,147	26,77
13	20°55'05"	30,00	38,19	7,302	3,692	7,261	2,11
14	18°14'59"	30,00	38,19	6,37	3,212	6,343	30,00
15	16°13'01"	30,00	38,19	5,661	2,849	5,642	30,00
16	22°48'44"	30,00	38,19	4,355	2,186	4,347	60,00
17	22°48'44"	30,00	38,19	7,963	4,035	7,911	60,00
18	09°58'30"	30,00	38,19	3,482	1,745	3,478	11,00
19	20°46'29"	30,00	38,19	7,252	3,666	7,212	27,60
20	04°20'45"	30,00	38,19	1,517	0,759	1,517	2,00
21	06°27'42"	30,00	38,19	2,256	1,129	2,254	4,70
22	06°41'56"	30,00	38,19	2,338	1,171	2,337	5,10
23	02°57'14"	40,00	28,65	2,062	1,031	1,062	1,30
24	02°21'32"	45,00	26,46	1,782	0,926	1,852	0,95
25	09°31'49"	30,00	38,19	4,991	2,500	4,984	15,00
26	10°52'16"	30,00	38,19	3,795	1,903	3,789	13,55
27	21°26'13"	30,00	38,19	7,483	3,379	7,439	53,27
28	07°59'07"	30,00	38,19	4,181	2,093	4,177	7,29
29	07°12'54"	30,00	38,19	3,778	1,891	3,775	5,95
30	03°25'33"	30,00	38,19	1,196	0,59	1,196	1,35
31	01°26'11"	40,00	28,65	1,003	0,501	1,003	0,31
32	12°08'46"	40,00	28,65	8,048	4,256	8,464	22,57
33	03°23'22"	40,00	28,65	2,366	1,184	2,366	1,75
34	16°10'50"	30,00	38,19	5,648	2,843	5,629	30,15
35	14°50'37"	30,00	38,19	5,181	2,605	5,167	25,34
36	19°57'09"	30,00	38,19	6,965	3,518	6,93	46,05
37	14°40'53"	30,00	38,19	5,125	2,577	5,111	24,79
38	13°56'13"	30,00	38,19	4,865	2,445	4,853	22,32
39	13°06'38"	30,00	38,19	4,576	2,298	4,566	19,74
40	03°35'17"	30,00	38,19	1,252	0,626	1,252	1,47
41	07°25'27"	30,00	38,19	2,592	1,298	2,59	6,30

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3.2. Cálculo de elementos de curva vertical

Las curvas verticales serán parábolas de eje vertical y están definidas por su longitud y por la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales que une. La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente; pueden ser circulares o parabólicas aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple.

Tabla XIV. Valores de K para curvas cóncavas y convexas

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

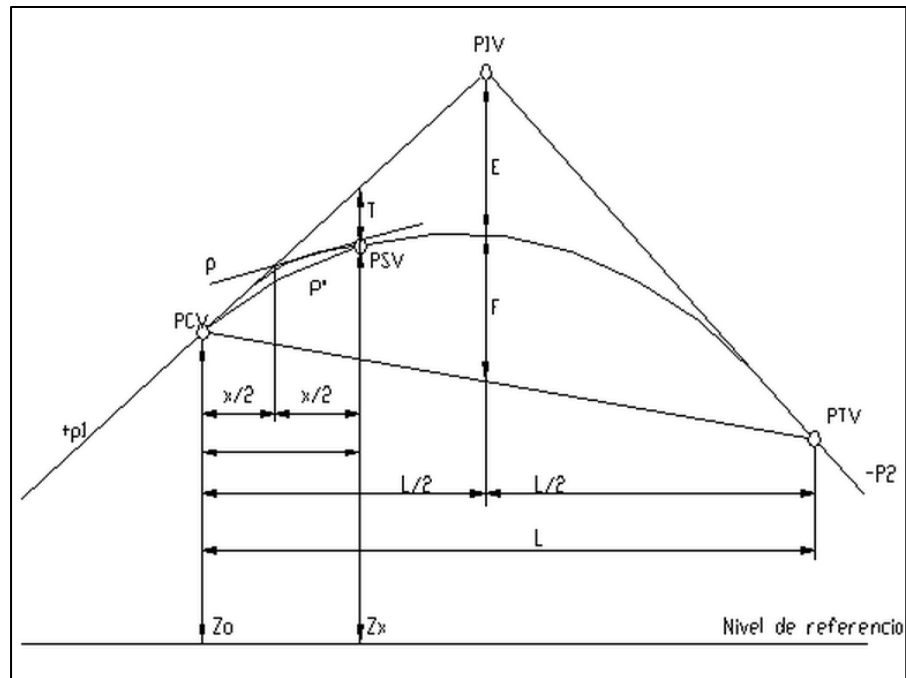
Fuente: FELIX, Jorge. *Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1*. p. 31.

#### 2.2.3.2.1. Diseño de curva vertical

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical. La curva vertical puede ser en columpio o en cresta; la curva vertical en columpio es aquella cuya concavidad queda hacia

arriba, y la curva vertical en cresta es aquella cuya concavidad queda hacia abajo.

Figura 7. **Elementos de curva vertical**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D 2012.

Donde:

PIV = punto de intersección de las tangentes verticales

PCV = punto en donde comienza la curva vertical

PTV = punto en donde termina la curva vertical

PSV = punto cualquiera sobre la curva vertical

$p_1$  = pendiente de la tangente de entrada en m/m

$p_2$  = pendiente de la tangente de salida, en m/m

A = diferencia algebraica de pendientes

L = longitud de la curva vertical en metros

x = distancia del PCV a un PSV en metros

p = pendiente en un PSV en m/m

p' = pendiente de una cuerda en m/m

E = externa en metros

F = flecha en metros

T = desviación de un PSV a la tangente de entrada en metros

Zo = elevación del PCV en metros

Zx = elevación de un PSV en metros

Existen cuatro criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales, estos son:

- Criterio de apariencia para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30 ; \Delta = P_s - P_e$$

Donde:

P<sub>s</sub> = pendiente de salida

P<sub>e</sub> = pendiente de entrada

- Criterio de comodidad para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

- Criterio de drenaje para curvas verticales convexas y cóncavas alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 43$$

- Criterio de seguridad que es la visibilidad de parada. La longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K * \Delta$$

#### **2.2.3.2.2. Longitud mínima**

De acuerdo con el criterio de seguridad, la longitud mínima se obtiene mediante la aplicación de la distancia de visibilidad de parada DP. Se presentan dos relaciones entre la distancia de visibilidad DP y la longitud de la curva: cuando  $DP < L$  y  $DP > L$ . Las ecuaciones que se indican a continuación presentan la longitud de la curva para cada relación.

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{200 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

Donde:

$L_{mín}$  = longitud mínima de la curva en metros

A = diferencia algebraica de pendientes en porcentaje (%)

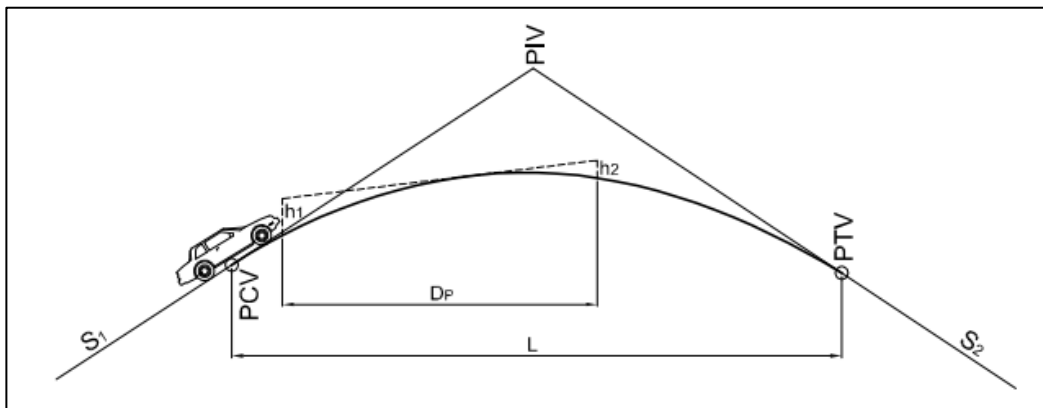


DP = distancia de visibilidad de parada, asociada a la velocidad específica de la curva vertical (VCV) en metros

h1 = altura del ojo del conductor en metros

h2 = altura del obstáculo en metros

Figura 8. **Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical convexa**



Fuente: Instituto Nacional de Vías, Colombia.

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{200 * (H + D_p * \tan \alpha)}$$

Donde:

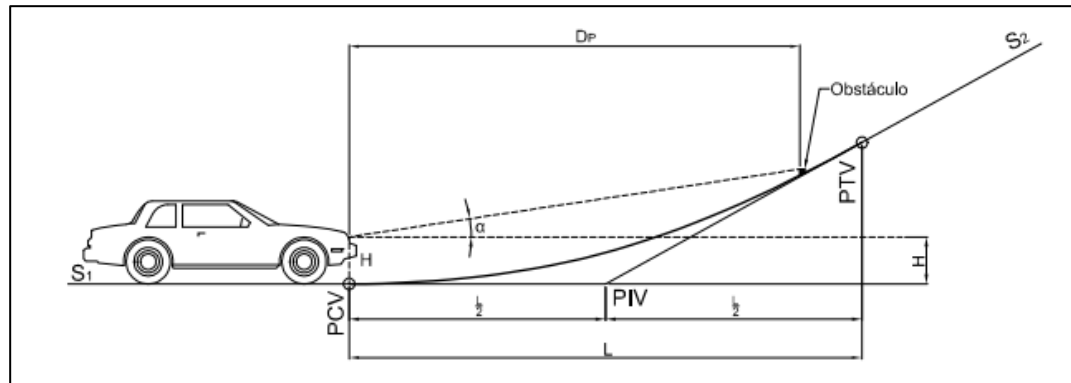
DP: distancia de visibilidad de parada en metros

H: altura de los faros delanteros del vehículo

$\alpha$ : ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros

A: diferencia algebraica de pendientes en porcentaje (%)

Figura 9. **Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical cóncava**



Fuente: Instituto Nacional de Vías, Colombia.

### 2.2.3.2.3. **Visibilidad de parada**

Se entiende como la distancia de visibilidad mínima necesaria para que un conductor que transita, cerca de la velocidad de diseño del proyecto, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar el vehículo antes de llegar a él. Es la distancia de visibilidad mínima que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera.

La distancia de visibilidad de parada tiene dos componentes: la distancia recorrida por el vehículo desde que el conductor ve el objeto hasta que coloca su pie en el pedal de freno; y la distancia recorrida por el vehículo durante la aplicación de los frenos. A la primera se le llama distancia de reacción y a la segunda distancia de frenado. Y se define como:

$$Dp = d + d'$$

Donde:

Dp = distancia de visibilidad

d = distancia de reacción

d'= distancia de frenado

La distancia de reacción se calcula mediante la fórmula:

$$d = 0,278Vt$$

Donde:

V = velocidad del vehículo expresada en km/h

T = tiempo de reacción expresado en segundos

La distancia de frenado se obtiene como:

$$d' = \frac{V^2}{254(f \pm p)}$$

Donde:

f = coeficiente de fricción

p = pendiente de la carretera

Normalmente se considera un valor del tiempo de reacción de 2,5 segundos. Dependiendo de la velocidad, el coeficiente de fricción longitudinal se puede estimar con una de las expresiones siguientes.

Figura 10. **Coeficiente de fricción según velocidad**

$f = 0.40 - 0.0020 (V - 30)$	para: $30 \text{ km/hr} \leq V < 60 \text{ km/hr}$
$f = 0.34 - 0.0015 (V - 60)$	para: $60 \text{ km/hr} \leq V \leq 110 \text{ km/hr}$

Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio. *Diseño y cálculo geométrico de vías*. p. 11.

#### 2.2.3.2.4. Procedimiento de cálculo de curva vertical

A continuación se muestra el procedimiento de cálculo de curva vertical.

Tabla XV. **Resumen de diseño de curvas verticales**

Velocidad = 30 Km/hora														
Núm. de Curva	EST PIV	EST elevación	Pendiente	Diferencia Δ	Tipo de Curva	K de visibilidad		LCV de Diseño	LCV/Δ	Criterio de apariencia (curvas concavas.)	Criterio de comodidad (curvas concavas)	Criterio de drenaje	LCV por criterio de seguridad	OM
						CC	CV				(v2/395)= 2.284810			
										(LCV/Δ) > 30	(LCV/Δ) >(v2/395)			
0	0,00	112,87	1,40	-	-			-	-	-	-	-	-	-
1	452,85	119,21	5,24	3,838	CC	4	2	130	33,87	Es mayor	Es mayor	Es menor		
2	959,50	147,97	1,89	-3,345	CV	4	2	70	-20,92	Es menor	Es menor	Es menor	125,00	0,030
3	1 571,62	158,83	-0,76	-2,647	CV	4	2	120	-45,33	Es menor	Es menor	Es menor	67,00	0,031
4	2 633,99	150,79	-5,06	-4,308	CV	4	2	115	-26,70	Es menor	Es menor	Es menor	115,00	0,028
5	2 786,46	143,07	-2,53	2,530	CC	4	2	120	47,43	Es mayor	Es mayor	Es mayor	112,00	0,040
6	3 597,62	122,51	-1,13	1,404	CC	4	2	40	28,49	Es mayor	Es mayor	Es menor	115,00	0,041
7	5 289,45	103,65	-0,64	0,488	CC	4	2	70	143,50	Es mayor	Es mayor	Es mayor	35,00	0,063

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3.3. Capas que componen el pavimento**

Para el adecuado funcionamiento de una pavimentación es importante que las características de su base de apoyo sean capaces de contrarrestar las cargas que generarán los vehículos sobre la carpeta de rodadura.

#### **2.2.3.3.1. Subrasante**

La subrasante es la capa de material que se construye directamente sobre la terracería y está formada por un material de mejor calidad que el de esta última. Este material será obtenido de un banco que proporcione un VRS adecuado para la capa, es decir, que tenga la capacidad necesaria para resistir la carga a la cual será sometida. Los espesores de las diferentes capas del pavimento dependen de la capacidad soporte de la subrasante.

Debido a que según los resultados del ensayo de CBR el valor se encuentra por encima del intervalo de 20-30 según la tabla XVII, el material es de excelente calidad para emplearlo como subrasante.

Dado que el CBR de la subrasante es de 35,78 por ciento, se puede observar en la figura 11 que el módulo de reacción de la subrasante es de 375 libras sobre pulgadas cúbicas aproximadamente.

#### **2.2.3.3.2. Subbase**

Es la primera capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar. Está constituida por una capa de material selecto o

estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante pero en ningún caso menor de 10 cm. ni mayor de 70 cm. Deberá estar libre de vegetales, basura, terrones de arcilla, o cualquier otro material que pueda causar fallas en el pavimento.

Su límite líquido debe ser inferior a 35 % y su índice plástico no mayor de 6 %, el CBR no debe bajar de 20 %. Si la función principal de la subbase es servir de capa de drenaje, entonces el material a emplearse debe ser granular, y la cantidad de material fino (limo y arcilla) que pase el tamiz número 200 no debe ser mayor del 8 %.

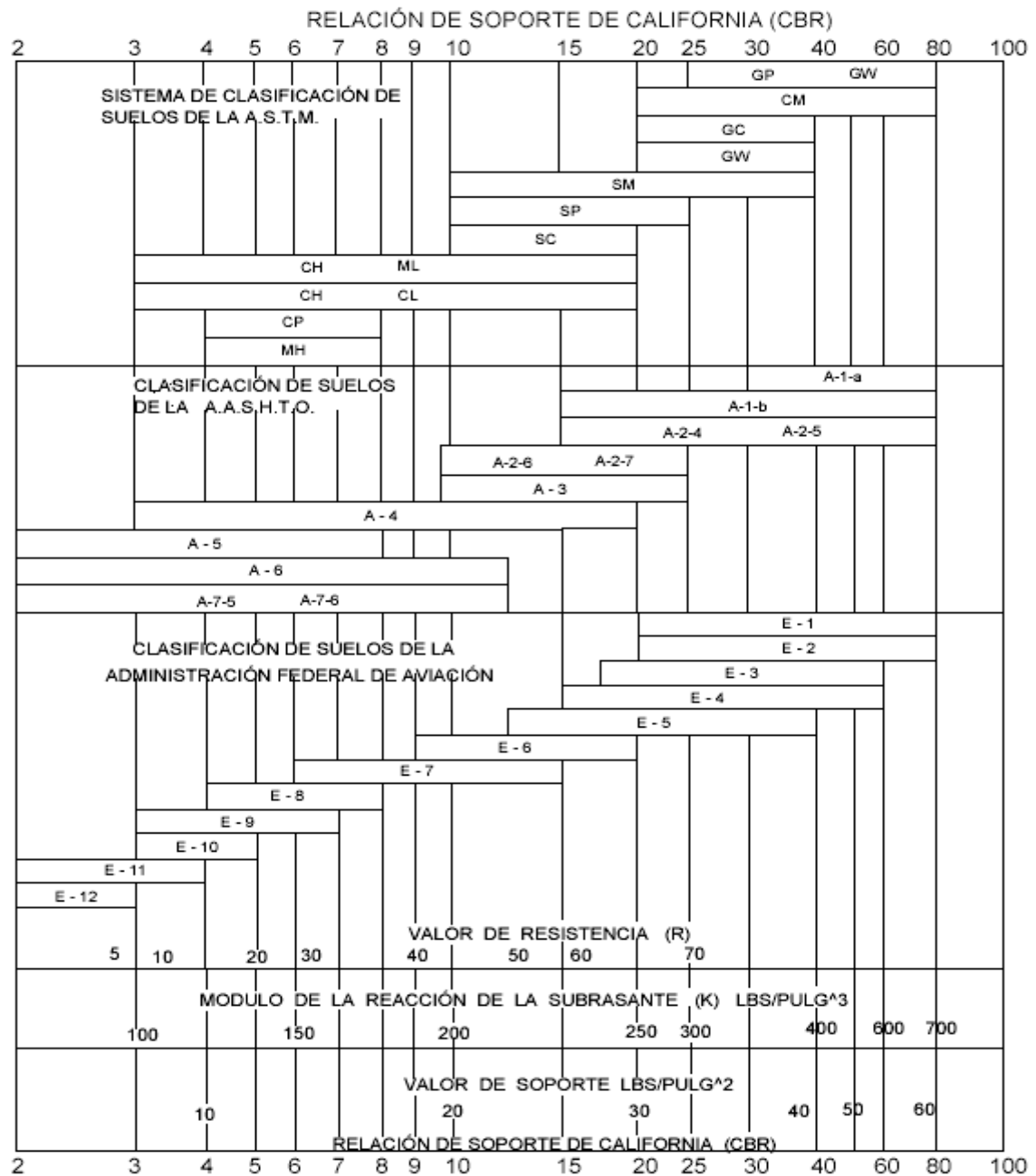
Ya que la calidad de la subrasante es excelente se procederá a colocar una capa subbase con el mínimo de espesor de 10 centímetros por estabilidad, drenaje y optimización de costos.

#### **2.2.3.3.3. Base**

Constituye la capa de material selecto que se coloca encima de la subbase o subrasante. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta y drenar el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento a través de las carpetas y hombros hacia las cunetas. Deberá de transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura y, debido a que está en contacto directo con la superficie de rodadura, tendrá que ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producida por el tránsito.

El material que conforma la base debe llenar los requisitos de valor soporte el cual debe tener un CBR mínimo de 35, efectuado sobre muestra saturada a 85 por ciento de compactación (AASHTO T-180). El material que quede retenido en el tamiz núm. 4 no debe de tener un desgaste mayor de 50 a 500 revoluciones en la prueba de la AASHTO T-96. Observando la figura 11 se puede concluir que el valor de K para la subrasante es de 375 libras sobre pulgadas cúbicas aproximadamente, por lo que se colocará una capa base con el espesor mínimo de 10 centímetros dada la excelente calidad del material de la subrasante.

Figura 11. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos



Fuente: LONDOÑO, Cipriano. *Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto*. <https://es.scribd.com/doc/59255731/Diseno-Constructcion-y-Mantenimiento-de-Pavimentos-de-Concreto-Cipriano-Londono>. Consulta: agosto de 2015.



Tabla XVI. **Espesor de capa base**

<b>Valor del espesor de la base</b>				
<b>Subrasante valores de K PSI</b>	<b>4 Plg</b>	<b>6 Plg</b>	<b>9 Plg</b>	<b>12 Plg</b>
	<b>subbase valores de K PSI</b>			
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.3.3.4. Carpeta de rodadura**

Está constituida por losas de concreto simple o reforzado, diseñada para soportar las cargas inducidas por la circulación del tránsito. Su función principal es proporcionar una superficie de rodamiento adecuada que permita el tránsito fácil y cómodo de los vehículos, impedir la filtración de agua a las capas inferiores y resistir la acción destructora de los agentes climáticos y el desgaste provocado por los vehículos.

#### **2.2.3.4. Análisis y determinación del volumen de tránsito**

En los estudios viales es requisito conocer el tránsito que por una vía circula, expresado por el TPDA, es decir el volumen promedio diario a lo largo de un año calendario. Así se promedian volúmenes generados por actividades no constantes e intermitentes, lo cual requiere realizar censos volumétricos continuos.

#### **2.2.3.4.1. Volumen de tránsito**

Se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dado de un carril o una calzada durante un período.

$$Q = \frac{n}{t}$$

Donde:

Q= vehículos que pasan por unidad de tiempo

n= número total de vehículos que circulan

t= período determinado

#### **2.2.3.4.2. Clasificación de tránsito**

El efecto que producen los vehículos sobre un pavimento es muy complejo de evaluar debido a que el tránsito es muy mezclado, como por ejemplo diferentes tipos de vehículos, de magnitudes de carga y configuraciones de ejes, de presiones de contacto neumático-pavimento y de velocidades vehiculares. Debido a esto se establece una norma general que divide el tránsito en tres grandes grupos según rangos de peso y ejes en contacto con la carpeta de rodadura.

Debido a esta segregación en Guatemala es necesario solicitar una licencia de conducir dependiendo que tipo de vehículo se utilice.

#### **2.2.3.4.3. Tránsito liviano**

Dentro del tránsito liviano se toman en cuenta toda clase de automóviles, motocicletas, paneles, microbuses, picops con o sin remolque y con peso bruto máximo de hasta 3,5 toneladas métricas.

#### **2.2.3.4.4. Tránsito medio**

Se considera dentro del tránsito medio toda clase de automóviles o vehículos automotores de hasta 3,5 toneladas métricas de peso bruto máximo en concepto de cargamento.

#### **2.2.3.4.5. Tránsito pesado**

Se consideran aquí los vehículos de transporte y de carga de más de 3,5 toneladas métricas de peso bruto máximo. En esta categoría se puede mencionar el transporte escolar y transporte colectivo urbano y extraurbano.

### **2.2.4. Movimiento de tierras**

El movimiento de tierras es el corte, remoción, utilización o disposición de los materiales extraídos de las mismas, incluyendo el de préstamo o desperdicio. Comprende también la construcción de terraplenes, conformación, compactación y acabado de todo el trabajo de terracería.

#### 2.2.4.1. Determinación de áreas por el método gráfico

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de la línea de localización se dibujan estas a cada 20 metros, con la sección típica de la carretera tipo E para regiones montañosas. Para esta sección se tienen establecidos los taludes de corte y relleno según su altura.

Se puede utilizar el método gráfico, el cual permite medir las áreas por medio de un planímetro graduado, para la realización de la medida de las secciones que deben estar dibujadas en papel milimetrado.

Otro método utilizado para el cálculo de área es el de determinantes, en el que con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno se calcula el área.

Tabla XVII. Cálculo de un área transversal por determinantes

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X4	Y4
X5	Y5
X0	Y0

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Área} = \sum \left[ \frac{\sum (X_t * Y_{t+1}) - \sum (Y_t * X_{t+1})}{2} \right]$$

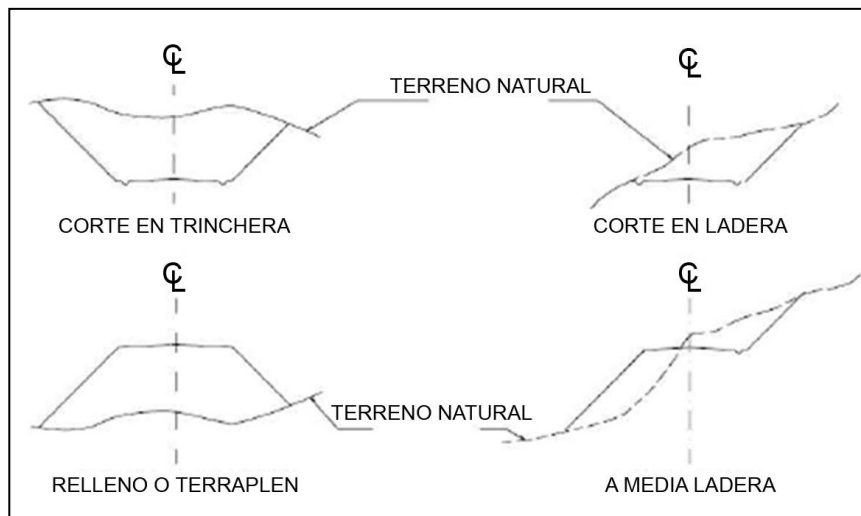
$$a = \sum (X*Y) \quad b = \sum (Y*X)$$

$$\text{Área} = \frac{|a - b|}{2}$$

#### 2.2.4.2. Cálculo de volúmenes

Este se realiza a partir de secciones transversales tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central cada 20 metros. Las secciones transversales pueden ser corte en trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera.

Figura 12. Tipos de secciones transversales



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-24.

Cada una de las áreas calculadas anteriormente constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse.

Los métodos más utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra son el método de las áreas medias y el método del prismoide. Se utilizó, en este caso, el método de las áreas medias en donde el volumen entre dos secciones consecutivas del mismo tipo, en corte o en relleno (ver figura 10), está dado por:

$$\text{Vol} = \frac{A_1 + A_2}{2} * \text{distancia}$$

Donde:

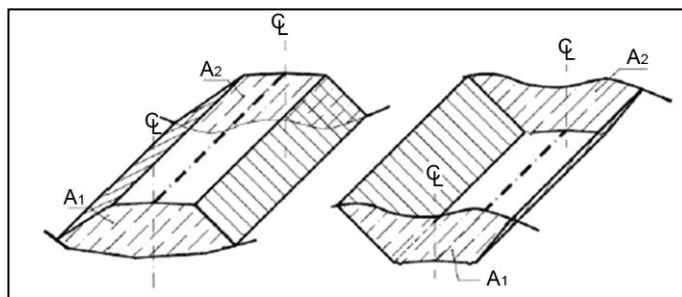
V = volumen entre ambas secciones en metros cúbicos

A1, A2 = áreas de secciones consecutivas en metros cuadrados

d = distancia entre secciones en metros

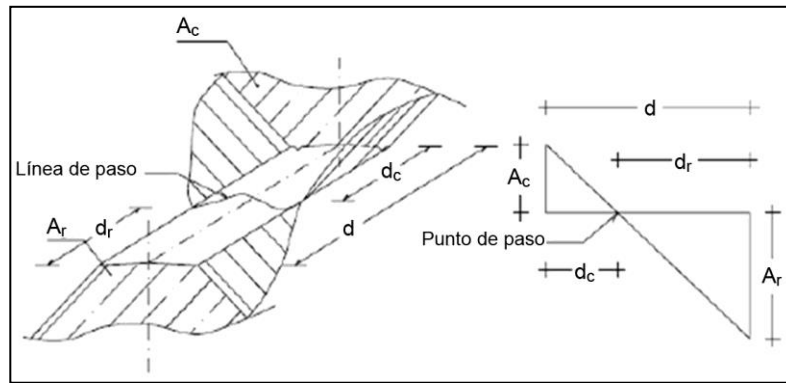
Cuando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo se genera una línea de paso, a lo largo de la cual la cota del terreno coincide con la cota de la superficie de subrasante. En este caso se generará un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones (ver figura 12).

Figura 13. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-25.

Figura 14. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte  $A_c$  y el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno  $A_r$  y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera.

$$V_C = \frac{1}{2} * (A_C + A_0) * d_C, \quad V_R = \frac{1}{2} * (A_R + A_0) * d_R$$

$$A_0 = 0$$

Donde:

$V_C, V_R$  = volumen de corte y de relleno en metros cúbicos

$A_C, A_R$  = áreas de las secciones en corte y relleno en metros cuadrados

$A_0$  = área de la sección en la línea de paso = 0

$d_C, d_R$  = distancias de corte y relleno en metros

Por medio de relación de triángulos se determinan los valores  $d_c$  y  $d_r$ , de la siguiente manera.

$$d_c = \frac{A_c}{A_c + A_r} * d, \quad d_r = \frac{A_r}{A_r + A_c} * d$$

La tabla de volúmenes y secciones transversales se puede observar en el plano 8 de áreas transversales, en el apéndice.

### **2.2.5. Diseño de pavimento**

Toda estructura está diseñada para soportar las necesidades y demandas al cual se someterá, esto dependerá del tipo de material que sea empleado y el tiempo de vida útil para el cual el proyecto fue diseñado.

#### **2.2.5.1. Pavimento rígido**

Es aquel en el cual la capa de rodamiento está constituida por losas de concreto de cemento Portland simple o reforzado, soportadas en toda su superficie. A la mezcla de cemento Portland con arena, agregando mineral grueso (piedra triturada o grava) y agua se le conoce también como concreto hidráulico. Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes.

- Abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- Directos de compresión y acortamiento causados por las cargas de la ruedas.



- De compresión y tensión, que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas y los ocasionados por la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

#### **2.2.6. Estudio de suelos**

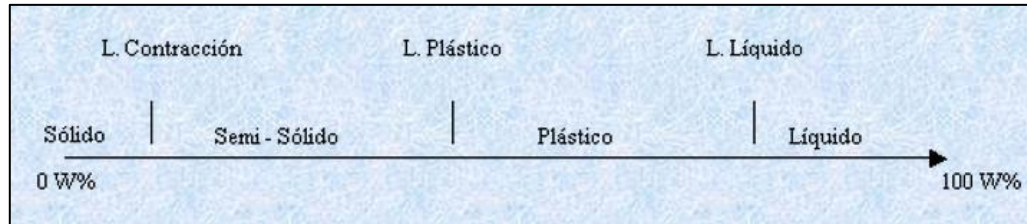
Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas de estos. El diseño de un proyecto de pavimentación consiste en estas características, por lo que a continuación se realiza una descripción de las mismas.

##### **2.2.6.1. Límites de consistencia**

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos presentes en la naturaleza pueden encontrarse en diferentes estados dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo, al agregarle agua pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido. Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

El método usado para medir estos límites de humedad fue ideado por Atterberg a principios de siglo a través de dos ensayos que definen los límites del estado plástico.

Figura 15. **Límites de Atterberg**



Fuente: elaboración propia.

Luego de realizar el ensayo de los límites de consistencia se describe el suelo como grava arenosa color gris y rosa con límite líquido del 24,4 % y con índice de plasticidad de 4,9 %, según Norma AASHTO T-89 y T-90 (ver apéndice).

#### **2.2.6.2. Análisis granulométrico**

El ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en una gráfica. El tipo de ensayo que se realizó fue de análisis granulométrico con tamices, según la norma de clasificación ASTM D6913-4 (ver apéndice).

#### **2.2.6.3. Determinación de contenido de humedad**

El contenido de humedad es la relación entre el peso de agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno expresada en porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Este es el ensayo más usado, pues se emplea en los ensayos de compactación para Proctor, valor soporte, límites de consistencia y las densidades de campo (ver apéndice).

#### **2.2.6.4. Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor)**

El ensayo nos permite conocer las características de compactación de un suelo que son humedad óptima y densidad máxima. Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados: el ensayo estándar y el Proctor modificado. La diferencia entre ambos estriba en la energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado. Con este ensayo se determinó una humedad óptima de 8,05 % y una densidad máxima de 122,02 libras sobre pie cúbico equivalente a 1 954,76 kilogramos sobre metro cúbico. El porcentaje de humedad nos indica la cantidad de agua que necesita el suelo para la realización de la compactación y tener la densidad máxima.

#### **2.2.6.5. Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)**

El ensayo de CBR tiene como función la determinación de la resistencia de un suelo ante un esfuerzo cortante en condiciones de compactación y humedad. Normado por la AASHTO T-193, el CBR se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas. El valor de CBR para una compactación de 95 por ciento debe estar dentro del rango entre 13 y 22.

Tabla XVIII. **Calidad de subrasante en función del CBR**

CBR (%)	Calidad de Subrasante
0 - 3	Muy mala
3 - 5	Mala
5 - 20	Buena
20 - 30	Excelente

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 191.

### 2.2.7. Estructura final del pavimento

Partiendo de las características que arrojan los ensayos de suelos se puede proceder al diseño de la estructura del pavimento.

Tabla XIX. **Análisis de resultados**

Ensayo	Clasificación
SCU	GW
PARA	A-1-a
Descripción del suelo	Grava arenosa color gris y rosa
Límites de Atterberg	Límite Líquido: 24,4 %
	Índice de Plasticidad: 4,9 %
Peso unitario máximo	1 954, 76 T/m <sup>3</sup> (122,02 lb/pie <sup>3</sup> )
Humedad óptima	8,05 %
CBR	101,87 % de CBR al 95 % de Compactación

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.7.1. Diseño y dimensiones del espesor del pavimento**

Existen dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos: el método de capacidad y el método simplificado. (Portland Cement Association-PCA).

#### **2.2.7.2. Método simplificado**

Este método es utilizado cuando no se cuenta con algún aforo vehicular. Para este método la PCA proporciona tablas con rangos de tránsito, así como tablas con distribución de cargas para distintas categorías de calles y carreteras; estas tablas están diseñadas con un factor de seguridad de carga de 1, 1,1, 1,2 y 1,3 para las categorías 1 a la 4 respectivamente. El período de diseño que este método considera es de 20 años.

El procedimiento de este método consiste en tres pasos:

- Clasificar la vía a pavimentar según su tráfico en función de las cargas por eje y determinar el TPPD (tránsito pesado promedio diario). Dado que el tramo carretero se encuentra en una zona rural y es un camino secundario, con un tránsito pesado medio ya que se transportarán las cosechas de los habitantes, su clasificación fue la categoría 1 según la siguiente tabla.

Tabla XX. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categoría por carga	Descripción	TPDA	TPPD		Carga máxima por eje	
			%	Por día	Sencillo	Doble
1	Calles residenciales, caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*)	200 - 800	1--3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, caminos rurales y secundarios (altos*), Arterias principales y	700 - 5000	5--18	40 - 1000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*), viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (de bajo a medio*)	3,000 - 12,000 en 2 carriles, 3,000 - 50,000 en 4 carriles	8--30	500 - 1000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*), Carreteras y vías urbanas y rurales (de medios a alto*)	3,000 - 20,000 en 2 carriles, 3,000 - 150,000 4 carriles o más	8--30	1,500 - 8,000	34	60

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. <https://es.scribd.com/doc/134084846/Pavimentos-Rigidos-Salazar-Rodriguez>. Consulta: agosto de 2015.

La descripción del soporte corresponde al peso relativo de los ejes cargados para el tipo de calle o camino; es decir, bajo para un camino rural representaría cargas más pesadas que para el caso de bajo para un camino secundario.

Para poder determinar el TPPD con la tabla XIX es necesario conocer el TPDA, el cual puede ser estimado con la ayuda de la siguiente tabla.

Tabla XXI. **Clasificación funcional de las carreteras regionales**

TPDA	> 20,000		20 000 – 10 000		10 000 – 3 000		3 000 - 500	
Clasificación Funcional	# carriles	Sup. Rod.	# carriles	Sup. Rod.	# carriles	Sup. Rod.	# carriles	Sup. Rod.
AR-Autopistas Regionales	6 – 8	Pav.	4 - 6	Pav.				
TS-Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR-Troncales Rurales	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
CS-Colectoras Suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR-Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

Fuente: CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*.  
p. 36.

Por el tipo de vía que es el tramo carretero de dos carriles puede ser clasificado como CR (colectoras rurales), tomando como estimación un TPDA de 500.

Una vez obtenido el TPDA se procede a obtener el TPPD con la ayuda de la tabla XIX. El TPPD está dado como un porcentaje del TPDA; para este proyecto se tomó un porcentaje de 3 por ciento según la tabla XIX, dando como resultado un TPPD de 15, siendo esto la cantidad de vehículos pesados que transitan en el día.

- Determinar el módulo de reacción  $k$  de la subrasante para determinar la condición de apoyo y espesor de base.

El módulo de reacción de la subrasante  $k$  es la relación entre el esfuerzo aplicado a una placa de suelo y la deformación que dicha placa sufra por efecto del esfuerzo. Este módulo puede ser determinado por un ensayo en situ pero dadas las condiciones se logró determinar este módulo de reacción por medio de la figura 11, que está en función del CBR y es igual a 375 aproximadamente.

Una vez conocido el módulo de reacción  $k$  se procede a encontrar la condición de apoyo de la subrasante con la ayuda de la siguiente tabla.

Tabla XXII. **Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción K PSI
Limos y arcillas plásticas	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	180 - 220
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy alto	250 - 400

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. <https://es.scribd.com/doc/134084846/Pavimentos-Rigidos-Salazar-Rodriguez>. Consulta: agosto de 2015.

Dado que el módulo de reacción aproximado es de 375 libras por pulgada cúbica, la condición de apoyo de la subrasante según la tabla XXI es muy alta,



sin embargo se agregará una capa base de 0,10 metros por especificaciones técnicas del *Libro azul* de la Dirección General de Caminos.

Para este proyecto se diseñó una resistencia del concreto de 4 000 libras por pulgada cuadrada utilizando agregados, cemento y agua de buena calidad estimando un módulo de ruptura del concreto de 600 libras por pulgada cuadrada.

- Determinar el espesor de la losa de concreto con ayuda de los datos anteriores y el uso de la tabla correspondiente a la categoría de la carretera.

Dado que el tramo carretero corresponde a la categoría de carga por eje núm. 1 la tabla que le corresponde para determinar el espesor de la losa de concreto según el método de la PCA simplificado es la tabla XIX; esta tabla presenta los valores de TPPD permisibles para esta categoría de vía.

Debido a que la condición de apoyo del terreno es muy alto según la tabla XXII, se procedió a ubicarse en la columna que corresponde a la condición de apoyo del terreno alto ubicada del lado izquierdo de la tabla XXIII ya que dentro del diseño no se toman en cuenta bordillos. Luego se precedió a ubicarse en la parte que corresponde a un  $M_r = 42 \text{ kg/cm}^2$ ; se ubicó el número de tráfico pesado promedio (TPPD) igual a 15, el cual fue determinado anteriormente; se determinó el valor próximo el cual tiene un TPPD permisible de 98, por lo tanto el espesor en pulgadas de la losa debe de ser de 15 centímetros.

Tabla XXIII. **Espesores de losa para categoría de carga por eje número 1, según el módulo de reacción  $K$  y módulo de ruptura optado**

Sin Acotamiento ni guarnición					Acotamiento o guarnición			
	Espesor de losa (cm)	Apoyo del terreno natural o de base			Espesor de losa (cm)	Apoyo del terreno natural o sub-base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
$M_r = 46$ Kg/cm <sup>2</sup>					10		0.2	0.9
	11.5			0.1	11.5	2	8	25
	12.5	0.1	0.8	3	12.5	30	130	330
	14	3	15	45	14.5	320		
	15	40	160	430				
	16.5	330						
$M_r = 42$ Kg/cm <sup>2</sup>	12.5		0.1	0.4	10			0.1
	14	0.5	3	9	11.5	0.2	1	5
	15	8	36	98	12.5	6	27	75
	16.5	76	300	760	14.5	73	290	730
	17.8	520			15	610		
$M_r = 39$ Kg/cm <sup>2</sup>	14	0.1	0.3	1	11.5		0.2	0.6
	15	1	6	18	12.5	0.8	4	13
	16.5	13	60	160	14	13	57	150
	17.8	110	400		15	130	480	
	19	620						

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. <https://es.scribd.com/doc/134084846/Pavimentos-Rigidos-Salazar-Rodriguez>. Consulta: agosto de 2015.

### 2.2.7.3. Diseño de mezcla de concreto

El objetivo del diseño de mezcla es determinar la cantidad de materiales para la elaboración de un concreto que satisfaga los requerimientos de uso, teniendo en cuenta economía y cumpliendo con las especificaciones exigidas en determinada obra. Para el proporcionamiento de los ingredientes de una mezcla de concreto se han sugerido el método americano del ACI.

Para el proyecto se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de  $f'_c$  de 281 kilogramos sobre centímetro cuadrado (4 000 psi) a los 28 días de curado, dicho concreto no incluirá aire en la mezcla. El revenimiento para pavimentos es de 7,5 centímetros como máximo. El tamaño máximo del agregado es de 6 centímetros pero se usará un agregado grueso con un tamaño nominal de 2,54 centímetros.

Para un revenimiento de 7,5 centímetros y tamaño máximo de agregado de 1 pulgada, la cantidad de agua por volumen de concreto es 195 litros por metro cúbico según la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados**

Asentamiento (cm)	Cantidad de agua litros por metro cúbico de concreto				
	3/8 pulg.	1/2 pulg.	3/4 pulg.	1 pulg.	1 1/2 pulg.
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. <https://es.scribd.com/doc/134084846/Pavimentos-Rigidos-Salazar-Rodriguez>. Consulta: agosto de 2015.

Debido a que la proporción de arena para la mezcla también está dada en relación con el tamaño del agregado, se toma un 42 por ciento de arena sobre agregado total según tabla XXV.

Tabla XXV. **Porcentaje de arena sobre agregado grueso**

Tamaño máximo de agregado	% de arena sobre agregado total
3/8 pulg.	48
1/2 pulg.	46
3/4 pulg.	44
1 pulg.	42
1 1/2 pulg.	40

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. <https://es.scribd.com/doc/134084846/Pavimentos-Rigidos-Salazar-Rodriguez>. Consulta: agosto de 2015.

Para una relación constante de agua-cemento, la resistencia del concreto se reduce conforme se aumenta el contenido de aire. Como se mencionó anteriormente la mezcla para este proyecto no incluirá aire, por lo que se utiliza un valor de 57 por ciento como dicta la tabla XXV.

Tabla XXVI. **Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados**

Resistencia a la compresión a los 28 días	Relación agua-cemento	
	Concreto sin aire	Concreto con aire
6000 psi	0,41	
5000 psi	0,48	0,40
4000 psi	0,57	0,48
3000 psi	0,68	0,59
2000 psi	0,82	0,74

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. <https://es.scribd.com/doc/134084846/Pavimentos-Rigidos-Salazar-Rodriguez>. Consulta: agosto de 2015.

Para calcular la cantidad de cemento se debe dividir la cantidad de agua por metro cúbico por la relación agua-cemento, considerando que un litro de agua pesa un kilogramo. El cemento se divide por 0,57 para concretos sin aire incluido con una resistencia de 4 000 libras fuerza por pulgada cuadrada según tabla XXV.

$$\text{Cemento} = (195 \text{ l/m}^3) / 0,57 = 342,10 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de agregados se calcula restando el peso del agua y cemento, del peso total de un metro cúbico de concreto:

$$\text{Peso de agregados} = \text{peso total} - \text{peso (agua + cemento)}$$

$$\text{Peso de agregados} = 2\,400 - (195 + 342,10) = 1\,862,89 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de arena se obtiene multiplicando el peso total de agregado por el porcentaje de arena correspondiente, que para este caso es 42% según la tabla XXV.

$$\text{Contenido de arena} = 0,42 * 1\,862,89 \text{ kg/m}^3 = 782,42 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de pedrín será la cantidad total de agregado menos la cantidad de arena.

$$\text{Contenido de pedrín} = 1\,862,89 - 782,42 = 1\,080,47 \text{ kg/m}^3$$

Se concluye que la proporción final en peso será de:

$$\text{Cemento-arena} = \frac{782,42}{342,10} = 2,28$$

$$\text{Cemento-piedrín} = \frac{1\,080,47}{342,10} = 3,15$$

Tabla XXVII. **Relación de mezcla en peso**

Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	2,28	3,15	0,57

Fuente: elaboración propia.

Para obtener la relación en volumen para 1 metro cúbico se debe multiplicar por ese valor y dividir después los valores dentro del peso específico de cada material.

$$\text{Cemento} = 342,10 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = (342,10 \text{ Kg/m}^3) / (42,5 \text{ Kg/saco}) = 8,04 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena} = 782,42 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 782,42 \text{ kg/m}^3 / 1\,400 \text{ Kg/saco} = 0,56 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = 1\,080,47 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 1\,080,47 \text{ kg/m}^3 / 1\,600 \text{ Kg/saco} = 0,68 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 195 \text{ l/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 195 \text{ l} / 3,785 \text{ l/gal} = 52 \text{ gal}$$

Para lograr la conversión de la relación de peso a relación en volumen se debe tomar en cuenta que un saco de cemento equivale a 1 pie cúbico.

$$1 \text{ pie}^3 * \left( \frac{1 \text{ m}}{3,28 \text{ pie}} \right)^3 = 0,028 \text{ m}^3 * 10 = 0,27 \text{ m}^3$$

$$\frac{0,27}{0,27} : \frac{0,56}{0,27} : \frac{0,68}{0,27}$$

Tabla XXVIII. **Relación de mezcla en volumen**

Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	2,07	2,51	0,52

Fuente: elaboración propia.

Proporción volumen 1 : 2,07 : 2,51 : 52gal/m<sup>3</sup>

### **2.2.8. Juntas**

Las juntas permiten la contracción y expansión del pavimento, lo cual libera de tensiones a la losa. Según la forma en que se diseñan las juntas, estas podrán transmitir la carga del tráfico de una losa hacia la siguiente.

Para el proyecto la capa de rodadura llevará junta transversal a cada tres metros o conforme el terreno lo pida, y longitudinal al centro de la calle. Estas juntas deberán ser llenadas con un material adecuado como el sello elastómero para evitar la filtración del agua a la subrasante.

#### **2.2.8.1. Juntas longitudinales**

Estas se colocan paralelamente al eje longitudinal del pavimento para prevenir la formación de las grietas longitudinales; pueden ser en forma mecánica o unión macho-hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12,5 pies (3,81 m) y es la que determina qué ancho tendrá el carril.

Este tipo de juntas son paralelas al eje longitudinal del pavimento y son las que determinan el ancho de los carriles. Estas son utilizadas para evitar los agrietamientos longitudinales causados por los efectos de las cargas del tránsito y el alabeo de las losas (pandeo causado por los cambios de temperatura y humedad).

#### **2.2.8.2. Juntas transversales**

Las juntas transversales o juntas de contracción (ya que controlarán el agrietamiento transversal que produce la contracción del concreto) tienen la función de controlar las grietas causadas por la retracción del secado del concreto. Estas juntas deberán de tener una ranura que tenga la profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se deberán de construir perpendicularmente al tráfico. Asimismo, se deberán de separar a una distancia no mayor de 15 pies (4,57 m). Para este proyecto el espaciamiento de juntas transversales será de 3 metros.

#### **2.2.8.3. Juntas de expansión**

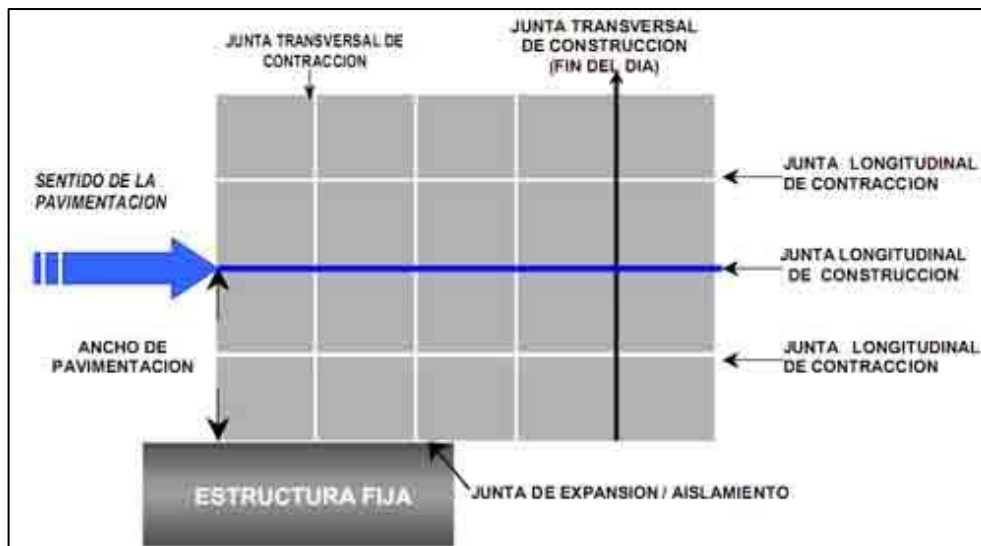
Su función es disminuir las tensiones cuando el concreto se expande. Por lo que son necesarias únicamente cuando existan estructuras fijas, tales como puentes, aceras, alcantarillas, entre otras. Aun así es obligatoria su colocación frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares; aunque cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias. Se dejará una separación de dos centímetros, donde sea necesario. El ancho de estas juntas debe ser de 12-25 milímetros, dicha abertura debe ser rellena con un material no absorbente ni reactivo.



#### 2.2.8.4. Juntas de construcción

Son necesarias cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Controlan, principalmente, el agrietamiento natural del pavimento por lo que su diseño y construcción apropiados son críticos para el desempeño general del pavimento. Estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central.

Figura 16. Juntas de construcción



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

#### 2.2.9. Diseño de cunetas

Son los canales situados a ambos lados de la línea central de la carretera recubiertos de piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefundido o mezclas asfálticas. Estas sirven para conducir hacia los drenajes el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

#### **2.2.9.1. Drenaje longitudinal**

Se utilizó el método racional donde se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima. Para este proyecto se tiene en promedio un ancho de calzada de 6,00 metros, las juntas longitudinales serán colocadas al centro de la carretera, por lo que se ubicarán a una separación de 2,50 metros.

#### **2.2.9.2. Drenaje transversal**

La función de este elemento es evitar que el agua de lluvia pase por la estructura de esta. El agua proviene del área que genera el caudal que desfoga hacia la parte baja de la cuenca en el sentido perpendicular a la carretera.

Para este proyecto se utilizó el método racional para determinar el caudal de lluvia y se colocaron los drenajes transversales en los puntos más bajos del tramo, o en puntos intermedios donde el tramo era muy largo lo que podría generar un caudal muy alto.

Tabla XXIX.      **Mapa de la cuenca**



Fuente: Google Earth. Consulta: 01 de agosto 2015.

Datos:

Área a drenar: 5 Ha

Longitud de cauce: 0,60 km

Pendiente: 2,25 % (promedio)

Coeficiente de escorrentía: 0,52

Elevación entre cauce: 13,5 m

Factor de rugosidad: 0,013

Tabla XXX. Valores de coeficiente de escorrentía

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
<b>Bosques</b>			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
<b>Pastizales</b>			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
<b>Tierras cultivadas</b>			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
<b>Zonas urbanas</b>	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: National Engineering Handbook, Sec. 4: Hydrology, USDA, 1972.

Primero se procedió a encontrar el tiempo de concentración de la cuenca; dicho tiempo se encuentra por medio de la siguiente fórmula.

$$t = \left( \frac{(0,886 * L^3)}{H} \right)^{0,385} * 60$$

$$t = \left( \frac{(0,886 * 0,60^3)}{13,5} \right)^{0,385} * 60 = 11,65 \text{ min}$$

Se procede a encontrar la intensidad de lluvia para el área, debido a que la proyección a 20 años para la Labor Ovalle de Quetzaltenango no se encuentra, se utilizó la ecuación de intensidad de lluvia de la estación meteorológica para la ciudad de Guatemala.

De la tabla XXVIII, el territorio más cercano es la Labor Ovalle y el tiempo de concentración se toma para 10 años.

Tabla XXXI. **Tiempo de concentración**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	2838/t+18	3706/t+22	4204/t+23	4604/t+24
Bananera Izabal	5771.5/t+48.98	7103.95/t+53.80	7961.65/t+56.63	8667.77/t+58.43
Labor Ovalle, Quetzaltenango	977.7/t+3.80	1128.5/t+3.24	1323.5/t+3.48	-----
El Pito Chocó, Suchitepequez	11033.6/t+101.10	11618.7/t+92.19	13455.2/t+104.14	-----
La Fragua, Zacapa	3700.5/t+50.69	3990.5/t+41.75	4049.0/t+37.14	-----

Fuente: datos proporcionados por Insivumeh.

$$I = \frac{1323,5}{t + 3,48}$$

$$I = \frac{1,323,5}{11,65 + 3,48} = 87,45$$

Luego de encontrada la intensidad de lluvia se procede a encontrar el caudal a drenar por medio del método racional:

$$Q = CIA/360$$

$$Q = \left( \frac{0,52 * 87,45 * 5}{360} \right)$$

$$Q = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego se encontró el diámetro hidráulico con el caudal calculado mediante la fórmula de Manning.

$$D = \left( \frac{(Q \cdot n \cdot 4^{5/3})}{(S^{1/2} \cdot \pi)} \right)^{3/8}$$

Donde:

N= coeficiente de rugosidad del material (Riblock = 0,013)

$$D = \left( \frac{0,63 \cdot 0,013 \cdot 4^{5/3}}{0,0225^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = 0,52 \text{ m}$$

Posteriormente se encuentra el área hidráulica que corresponde al diámetro hidráulico y caudal anteriormente encontrado.

$$A = \left( \pi \cdot D^2 / 4 \right)$$

$$A = \left( \pi \cdot 0,52^2 / 4 \right) = 0,23 \text{ m}^2$$

Debido a que el área a cubrir es menor que 0,45 metros cuadrados, se utilizará el diámetro mínimo de tubo para drenaje transversal que corresponde a 30 pulgadas de concreto. Con un diámetro de 30 pulgadas el área es 0,45 metro cuadrado el cual cubre el área requerida.

### 2.2.9.3. Cunetas

Las cunetas son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, y pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

$$V = \frac{1}{n} (r)^{2/3} (s)^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad media en metros por segundo

N = coeficiente de rugosidad de Manning

r = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado)

s = pendiente del canal en metros por metro

Para el diseño de la cuneta se tomó el tramo con la pendiente crítica que corresponde al tramo que drenará el drenaje transversal crítico ubicado en la estación 0+460. El área a drenar es de 1 hectárea, la diferencia de altura es igual a 2 metros y una longitud de 0,60 kilómetros; el caudal resultante es de 0,17 metros cúbicos por segundo.

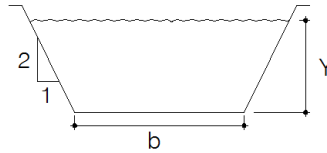
Datos:

S = 2,5 %

Q = 0,52 m<sup>3</sup>/s

Pendiente talud 1:2

Figura 17. **Predimensionamiento de la cuneta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Determinación del área hidráulica

$$A = 2 * \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{1}{2} Y * Y\right) + bY$$

$$A = \frac{1}{2} Y^2 + bY$$

Determinación del perímetro mojado

$$P = 2 * \sqrt{\left(\frac{1}{2} Y\right)^2 + Y^2} + b$$

$$P = 2,236Y + b$$

Se iguala el radio hidráulico a  $Y/2$

$R_h = \text{área hidráulica} / \text{perímetro mojado}$

$$\left( \frac{\frac{1}{2} Y^2 + bY}{2,236Y + b} \right) = \frac{Y}{2}$$

$$2\left(\frac{1}{2} Y^2 + bY\right) = Y(2,236Y + b)$$

$$b = 1,236Y$$



Se despeja para el área

$$A = 1/2 Y^2 + bY = 1/2 Y^2 + (1,236Y) * Y = 1,736Y^2$$

Utilizando la ecuación de Manning, se despejará el valor de Y necesario para el caudal a drenar.

$$Q = A * \frac{1}{n} (r)^{2/3} (s)^{1/2}$$

Utilizando  $n = 0,016$  (concreto revestido)

$Q$  = caudal en  $m^3/s$

$A$  = área de la sección transversal del flujo en  $m^2$

$$0,52 = \left( \frac{1}{0,016} \right) * 1,736Y^2 * \left( \frac{Y}{2} \right)^{2/3} * (0,025)^{1/2}$$

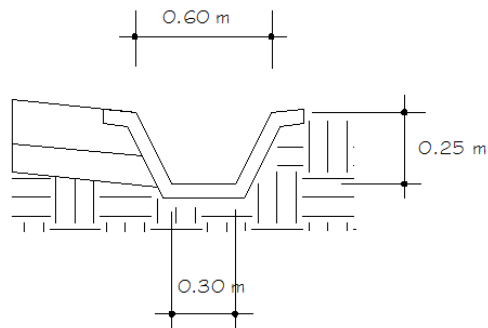
$$0,035 = 1,736(Y)^{4/3}$$

$$0,14 = 1,736(Y)^{4/3}$$

$$Y = 0,25 \text{ m}$$

$$b = (1,236 * 0,15) = 0,30 \text{ m}$$

Figura 18. **Detalle de cuneta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.2.10. Presupuesto

Son los precios de los materiales y mano de obra que está referido a la cabecera departamental de Quetzaltenango. A continuación se presenta el resumen del presupuesto estimado, incluyendo costo directo e indirecto del proyecto de pavimento rígido.

#### 2.2.10.1. Resumen de presupuesto

A continuación se muestra el presupuesto de la carretera hacia el cantón Candelaria, Quetzaltenango.

Tabla XXXII. **Presupuesto carretera hacia cantón Candelaria, Quetzaltenango**

Renglón	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1,1	Limpieza y chapeo	Ha	3,86	Q 45 152,09	Q 174 287,07
1,2	Replanteo topográfico	Km	5,93	Q 2 295,23	Q 13 610,71
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
2,1	Excavación no clasificada	m3	35 456,33	Q 39,24	Q 1 391 306,39
2,2	Excavación no clasificada para prestamo	m3	16 509,24	Q 58,56	Q 966 781,09
2,3	Acarreo	m3/Km	16 509,24	Q 8,36	Q 138 017,25
<b>3</b>	<b>PAVIMENTO</b>				
3,1	subrasante	m2	38 556,70	Q 9,27	Q 357 420,61
3,3	Capa de Base (e=10 cm)	m3	3 855,80	Q 315,84	Q 1 217 815,87
3,4	Carpeta de rodadura (concreto hidraulico e=15 cm)	m3	5 783,51	Q 2 027,47	Q 11 725 893,02
<b>4</b>	<b>Drenajes</b>				Q -
4,1	Drenaje transversal	ml	3 381,13	Q 1 610,27	Q 5 444 532,21
4,2	Conformacion de cuneta	m3	190,00	Q 197,24	Q 37 475,60
4,3	Cabezales	m3	15,00	Q 2 636,78	Q 39 551,70
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 21 506 691,52</b>
<b>TOTAL REDONDEADO</b>					<b>Q 21 506 692,00</b>
<b>COSTO UNITARIO POR METRO (SUGERIDO)</b>					<b>Q 3 626,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11. Cronograma de ejecución física y financiera

El cronograma de ejecución se muestra en la tabla XXXIII.

Tabla XXXIII. Cronograma ejecución físicafinanciera

Renglón	Concepto	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	AVANCE FÍSICO	AVANCE FINANCIERO
1,1	Limpieza	■				7%	Q 1 505 468,41
1,2	Replanteo topográfico	■				3%	Q 645 200,75
2,1	Corte		■			22%	Q 4 731 472,13
2,2	Relleno		■			37%	Q 7 957 475,86
3,1	Reacondicionamiento de subrasante			■		45%	Q 9 678 011,18
3,2	Capa de subbase			■		55%	Q 11 828 680,34
3,3	Capa de base			■		65%	Q 13 979 349,49
3,4	Carpeta de rodadura			■		85%	Q 18 280 687,79
4,1	Drenaje transversal			■		90%	Q 19 356 022,37
4,2	Conformacion de cuneta			■		100%	Q 21 506 691,52

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.12. Evaluación de impacto ambiental (EIA)

Para este proyecto se evalúa el impacto ambiental por medio de la matriz de Leopold como se hizo anteriormente para el proyecto de alcantarillado.

Como se observa en la tabla XXV, el impacto ambiental que la carretera generará en el cantón Candelaria será positivo para la población; sin embargo sí se verá afectada el área del medio físico debido al ruido causado por los trabajos de construcción y tránsito vehicular. Además se incrementará la contaminación de humo causada por los vehículos que lleguen a transitar por la carretera. Estos problemas son mínimos comparados con los beneficios, debido a que las acciones muestran un impacto positivo y de gran importancia al favorecer a los pobladores en los aspectos de mayor comodidad de transporte, mejor salud por la eliminación de polvo y aumento de las actividades económicas y agrícolas.

Tabla XXXIV. Matriz de Leopold para carretera

			Planificación	Construcción				Operación			
			Trazo	Instalaciones provisionales	Movimiento de tierras	Instalación de tubería	Instalación de conexiones domiciliarias	Operación del sistema	Mantenimiento del sistema	IMPACTO EN AMBIENTE	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Medio físico	Aire	Ruido	0	0	2	2	3	3	3	13	
			4	4	4	5	4	5	5		31
		Humo y gases	1	1	-2	1	4	4	4	13	
			4	5	4	3	3	5	5		26
	Tierra	Polvo	0	0	-1	0	2	2	0	-1	
			2	4	5	2	5	5	3		27
		Calidad del suelo	0	1	-1	0	0	0	1	1	
			2	3	2	4	2	2	2		17
	Agua	Erosión	1	1	0	-1	-1	1	3	2	
			2	3	4	4	5	2	1		21
		Subterránea	0	-1	0	0	0	1	2	2	
			3	3	4	3	4	4	4		26
Medio Biológico	Fauna	Ríos	2	-1	3	-1	0	0	2	3	
			3	3	4	3	2	2	3		20
	Cobertura vegetal	Fauna	-1	-1	0	0	2	2	1	4	
			5	2	3	3	2	2	2		19
		Paisaje	-1	-1	0	0	3	3	3	4	
			4	3	4	2	5	5	4		27
Medio Socio-económico	Calidad de vida	Paisaje	1	1	0	2	0	0	1	4	
			4	4	4	3	5	5	5	5	35
		Calidad de vida	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	1	1	5	4	5	4		19

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. El sistema de alcantarillado sanitario del cantón Xetuj Bajo es un proyecto que beneficiará a 73 familias, con un costo de Q 806 346,97. Con este proyecto los problemas de saneamiento de la población estaría siendo solucionados.
2. A través del Ejercicio Profesional Supervisado, el estudiante adquiere madurez y experiencia, los cuales son factores determinantes a la hora de toma de decisiones en el desempeño de la profesión.
3. El material natural que se encuentra en el área del cantón Candelaria presenta una capacidad de compactación mayor a 100 por ciento debido a que se conforma de un alto porcentaje de gravas, la cuales resisten mayores cargas.
4. Para las capas que conforman el pavimento, la subbase y base, se utilizaron los valores mínimos debido al alto valor de soporte que presenta el terreno natural que se utilizó como capa subrasante, siendo este únicamente reacondicionado.
5. Para el estudio de impacto ambiental de ambos proyectos se utilizó el método de la matriz de Leopold, el cual arrojó conclusiones favorables ante su ejecución. Sin embargo existen áreas con deficiencias las cuales deberán ser mitigadas para evitar futuras complicaciones dentro de la comunidad.



## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Quetzaltenango, Quetzaltenango:

1. Crear un programa de educación sanitaria para la población en general, con la finalidad de reducir los problemas de sanidad que se dan actualmente; y preservar el sistema de alcantarillado durante el tiempo que se tomó como período de diseño.
2. Involucrar a los usuarios dentro del proceso de realización de ambos proyectos y así crear conciencia para una mejor utilización de estos.
3. Proveer el mantenimiento periódico a la superficie de rodadura de la carretera, con mayor énfasis durante la época de invierno, para evitar fallas que se produzcan debido al exceso de humedad en el área.
4. Los presupuestos son una referencia estimada, no se deben tomar como costos definitivos, ya que están sujetos a variaciones como costos de materiales y trabajos no contemplados dentro de la planificación.
5. Implementar un plan de vigilancia y limpieza periódica en los pozos de visita y conexiones domiciliarias con la finalidad de evitar la acumulación de residuos que puedan generar taponamientos parciales o totales en las tuberías.





## BIBLIOGRAFÍA

1. CONTRERAS LINARES, Joan Carlo Roberto. *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 183 p.
2. CRUZ ARRIOLA, Algedy Rocío. *Diseño del drenaje sanitario y pavimento rígido del asentamiento La Isla, zona 13, ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 148 p.
3. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC MCIV 2001.
4. GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km. de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal) y escuela de párvulos de dos niveles del cantón Utzumazate del municipio de Barberena, Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 181 p.
5. Infom-Unepar. *Normas generales para el diseño de alcantarillado, Guatemala*, 2001.

6. LÓPEZ LEIVA, Rolando Adolfo. *Diseño de tramo carretero Tiquisate-aldea Pinula y diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San Juan La Noria, Tiquisate, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 231 p.
7. NOGUERA MORALES, Julio Adolfo. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea La Majada y diseño del puente vehicular de la aldea Escalón, San Jacinto, Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 185 p.

# APÉNDICES

## Precios unitarios y planos drenaje sanitario para cantón Xetuj Bajo

### Apéndice 1. Diseño hidrológico del sistema de alcantarillado sanitario cantón Xetuj Bajo

DE	A	INICIO	FINAL	LONGITUD	% S terreno	lotes	Tiempo de proyecto	POBLACION		Dotacion (hab./da)	caudal domiciliar	caudal comercial	caudal industrial	factor de conexiones licitas	caudal conexiones licitas		
Tramo 1																	
1	2	1000.000	989.754	46.71	21.94	4	30	24	33	120	0.034	0	0	0.5	0.000169		
2	3	989.754	987.835	20.46	9.36	1	30	1	1	120	0.001	0	0	0.5	0.000007		
3	4	987.835	979.221	49.72	17.32	5	30	30	41	120	0.042	0	0	0.5	0.000212		
4	5	979.221	975.933	40	8.22	2	30	12	16	120	0.017	0	0	0.5	0.000085		
5	6	975.933	973.745	44.69	4.90	1	30	1	1	120	0.001	0	0	0.5	0.000007		
ramal 1																	
27	26	990.421	988.681	25.2	6.91	5	30	30	41	120	0.04	0	0	0.5	0.000212		
28	25	988.681	985.798	37.11	7.77	2	30	12	16	120	0.02	0	0	0.5	0.000085		
29	24	985.798	985.518	45.53	0.62	6	30	36	49	120	0.05	0	0	0.5	0.000254		
30	23	985.518	973.745	57.68	20.41	6	30	36	49	120	0.05	0	0	0.5	0.000254		
Tramo 2																	
6	7	973.745	967.718	36.1	16.69	1	30	1	1	120	0.00	0	0	0.5	0.000007		
7	8	967.718	961.084	32.28	20.55	4	30	24	33	120	0.04	0	0	0.5	0.000181		
8	22	961.084	956.445	25.05	18.52	1	30	1	1	120	0.00	0	0	0.5	0.000008		
ramal 2																	
23	22	969.185	956.445	60.69	20.99	6	30	36	49	120	0.05	0	0	0.5	0.000271		
Tramo 3																	
22	9	969.185	954.037	52.08	29.09	2	30	12	16	120	0.02	0	0	0.5	0.000090		
9	34	969.185	953.180	33.15	48.28	1	30	1	1	120	0.00	30	0	0.5	0.150000		
ramal 3																	
28	29	976.683	974.617	22.21	9.30	2	30	12	16	120	0.02	0	0	0.5	0.000090		
29	30	974.617	971.362	16.32	19.95	1	30	6	8	120	0.01	0	0	0.5	0.000045		
30	31	971.362	969.155	30.86	7.15	2	30	12	16	120	0.02	0	0	0.5	0.000090		
31	32	969.155	967.361	35.1	5.11	1	30	6	8	120	0.01	0	0	0.5	0.000045		
32	33	967.361	964.337	11.26	26.86	1	30	6	8	120	0.01	0	0	0.5	0.000045		
33	34	964.337	953.180	76.22	14.64	6	30	36	49	120	0.05	0	0	0.5	0.000271		
Tramo 4																	
34	10	953.180	951.793	23.67	5.86	1	30	1	1	120	0.00	0	0	0.5	0.000008		
10	11	951.793	947.808	98.48	4.05	2	30	12	16	120	0.02	0	0	0.5	0.000090		
11	12	947.808	941.306	93.17	6.98	3	30	18	24	120	0.03	0	0	0.5	0.000135		
12	13	941.306	935.859	43.88	12.41	7	30	42	57	120	0.06	0	0	0.5	0.000316		
13	14	935.859	931.149	33	14.27	1	30	1	1	120	0.002	0	0	0.5	0.000008		
14	15	931.149	917.899	55.13	24.03	1	30	1	1	120	0.002	0	0	0.5	0.000008		
ramal 4																	
35	15	926.021	917.899	46.6	17.43	7	30	42	57	120	0.06	0	0	0.5	0.000316		
Tramo 5																	
15	16	917.899	908.479	50.4	22.66	1	30	6	8	120	0.01	0	0	0.5	0.000045		
16	17	908.479	891.126	59.45	25.83	1	30	1	1	120	0.002	0	0	0.5	0.000008		
17	18	891.126	884.854	25.26	24.93	1	30	1	1	120	0.002	0	0	0.5	0.000008		
ramal 5																	
36	37	918.675	910.541	58.89	14.15	2	30	12	16	120	0.02	0	0	0.5	0.000090		
37	38	910.541	898.671	57.65	18.96	2	30	12	16	120	0.02	0	0	0.5	0.000090		
ramal 6																	
40	39	908.206	899.449	37.63	23.27	1	30	6	8	120	0.01	0	0	0.5	0.000045		
39	38	899.449	898.671	17.55	-1.27	1	30	1	1	120	0.002	0	0	0.5	0.000008		
38	18	898.671	884.854	19.88	74.53	1	30	1	1	120	0.002	0	0	0.5	0.000008		
Tramo 6																	
18	19	884.854	873.236	47.45	24.49	0	30	1	1	120	0.00	0	0	0.02703704	0.5	0.000008	
19	20	873.236	855.081	76.89	23.61	1	30	1	1	120	0.00	0.01254325	0	0.5	0.000008	0.5	0.000008
20	21	855.081	848.964	24.37	25.10	1	30	6	8	120	0.01	0	0	0.5	0.000045	0.5	0.000045

sumatoria de caudales	Factor de Hamon	factor de caudal medio (qm)	factor de caudal medio (qm) a usar 0.002 < qm < 0.005	Caudal de diseño lts/seg	Caudal de diseño lts/seg	Diametro	% S tubo	V	Q	q/Q	v/v	d/D	velocidad	Tirante
tramo 1	2.44	0.001	0.002	0.16	0.16	8	0.01	1.524	6.10439103	0.02602305	0.428476	0.111	0.65	tramo 1
	0.0014	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.01	1.524	6.10439103	0.02767018	0.435721	0.114	0.66	BIEN
	0.0425	2.35	0.001	0.002	0.19	8	0.01	1.524	6.10439103	0.0588526	0.545792	0.164	0.83	BIEN
	0.0770	2.74	0.001	0.002	0.09	8	0.01	1.524	6.10439103	0.07359216	0.56324	0.183	0.89	BIEN
	0.0014	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.01	1.524	6.10439103	0.07520929	0.587063	0.185	0.89	BIEN
ramal 1														ramal 1
	0.04	2.35	0.001	0.002	0.19	8	0.008	1.36310704	10.193956	0.06376985	0.559833	0.171	0.76	BIEN
	0.02	2.74	0.001	0.002	0.09	8	0.007	1.27506988	13.4958305	0.05477614	0.533517	0.158	0.68	BIEN
	0.05	2.27	0.001	0.002	0.22	8	0.007	1.27506988	13.4958305	0.07121536	0.577464	0.180	0.74	BIEN
	0.05	2.27	0.001	0.002	0.22	8	0.007	1.27506988	13.4958305	0.08765458	0.61506	0.200	0.78	BIEN
tramo 2														tramo 2
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	10	0.0055	1.31151417	21.5751026	0.05529642	0.539578	0.159	0.70	BIEN
	0.04	2.44	0.001	0.002	0.16	10	0.0055	1.31151417	21.5751026	0.0626593	0.55851	0.169	0.73	BIEN
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	10	0.0055	1.31151417	21.5751026	0.06312534	0.557845	0.17	0.73	BIEN
	0.05	2.27	0.001	0.002	0.22	10	0.005	1.2504797	25.5037587	0.06210051	0.553951	0.168	0.69	BIEN
tramo 3														tramo 3
	0.02	2.74	0.001	0.002	0.09	8	0.006	1.18048532	18.2439585	0.09170044	0.62238	0.204	0.73	BIEN
	0.02	3.71	0.000	0.002	0.01									BIEN
ramal 3														ramal 3
	0.02	2.74	0.001	0.002	0.09	8	0.006	1.18048532	18.2439585	0.0971399	0.63336	0.21	0.75	BIEN
	0.01	3.04	0.001	0.002	0.05	8	0.006	1.18048532	18.2439585	0.09985177	0.639415	0.213	0.75	BIEN
	0.02	2.74	0.001	0.002	0.09	8	0.006	1.18048532	18.2439585	0.1047401	0.647275	0.218	0.76	BIEN
	0.01	3.04	0.001	0.002	0.05	8	0.006	1.18048532	18.2439585	0.10745198	0.652382	0.221	0.77	BIEN
tramo 4														tramo 4
	0.01	3.04	0.001	0.002	0.05	8	0.006	1.18048532	18.2439585	0.11016386	0.65756	0.224	0.78	BIEN
	0.05	2.27	0.001	0.002	0.22	8	0.006	1.18048532	18.2439585	0.12232465	0.677846	0.236	0.80	BIEN
ramal 4														ramal 4
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.0055	1.13022865	21.4132201	0.1048956	0.647275	0.218	0.73	BIEN
	0.02	2.74	0.001	0.002	0.09	8	0.0055	1.13022865	21.4132201	0.10885439	0.654108	0.222	0.74	BIEN
	0.03	2.57	0.001	0.002	0.13	8	0.0055	1.13022865	21.4132201	0.11468918	0.664464	0.228	0.75	BIEN
	0.06	2.21	0.001	0.002	0.25	8	0.0055	1.13022865	21.4132201	0.12645859	0.68457	0.24	0.77	BIEN
tramo 5														tramo 5
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.0055	1.13022865	21.4132201	0.12682815	0.68457	0.24	0.77	BIEN
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.0055	1.13022865	21.4132201	0.12682815	0.68457	0.24	0.77	BIEN
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.0055	1.13022865	21.4132201	0.1273977	0.686065	0.241	0.78	BIEN
	0.06	2.21	0.001	0.002	0.25	8	0.0055	1.07763073	25.3212722	0.11767978	0.669441	0.231	0.72	BIEN
tramo 6														tramo 6
	0.01	3.04	0.001	0.002	0.05	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.11963369	0.672803	0.233	0.73	BIEN
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.12003078	0.672803	0.233	0.73	BIEN
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.12042786	0.674484	0.234	0.73	BIEN
	0.05													
ramal 5														ramal 5
	0.02	2.74	0.001	0.002	0.09	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.129499	0.679527	0.237	0.73	BIEN
	0.02	2.74	0.001	0.002	0.09	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.12747194	0.686065	0.241	0.74	BIEN
tramo 6														tramo 6
	0.01	3.04	0.001	0.002	0.05	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.12942584	0.687704	0.242	0.74	BIEN
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.12982933	0.689343	0.243	0.74	BIEN
	0.00	3.71	0.001	0.002	0.01	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.13022002	0.689343	0.243	0.74	BIEN
tramo 6														tramo 6
	0.04	3.71	0.028	0.005		8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.13022002	0.686543	0.243	0.74	BIEN
	0.01	3.71	0.005	0.003	0.05	8	0.005	1.07763073	25.3212722	0.13121273	0.690882	0.244	0.74	BIEN
	0.01	3.04	0.001	0.002	0.05	8	0.0045	1.02233028	30.2015888	0.11164806	0.659286	0.225	0.67	BIEN

## Apéndice 1.1.

<b>1. PRELIMINARES</b>				
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Madera	PIE TABLA	20	Q 4,00	Q 80,00
Clavos de diferentes longitudes	LIBRA	5	Q 6,00	Q 30,00
Palas, azadones, machete	Unidad	3	Q 100,00	Q 300,00
Equipo de topografía	GLOBAL	1	Q 1 300,00	Q 1 300,00
Total Mat., Maq. Y equipo				Q 1 710,00
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Cuadrilla de topografía	DIA	5	Q 1 000,00	Q 5 000,00
				Q 5 000,00
	Prestaciones		0,66	Q 660,00
Total Mano de obra				Q 5 660,00
Costo Directo				Q 7 370,00
Costo Indirecto			0,35	Q 2 579,50
<b>TOTAL SUBREGLON</b>				<b>Q 9 949,50</b>

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 1.2.

2. EXCAVACION Y RELLENO DE ZANJAS				
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Palas, piochas, azadones	GLOBAL	1	Q 3 500,00	Q 3 500,00
				Q -
				Q -
Total Mat., Maq. Y equipo				Q 3 500,00
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Relleno de zanja	DIA	7	Q 150,00	Q 1 050,00
Albañiles (3 personas)	DIA	7	Q 330,00	Q 2 310,00
Ayudantes (5 personas)	DIA	5	Q 400,00	Q 2 000,00
				Q 5 360,00
	Prestaciones		0,66	Q 235,84
Total Mano de obra				Q 5 595,84
Costo Directo				Q 9 095,84
Costo Indirecto			0,35	Q 3 183,54
<b>TOTAL SUBREGLON</b>				<b>Q 12 279,38</b>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1.3.

<b>3. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS</b>				
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Tubo PVC 8" (1513,65 mL)	UNIDAD	465	Q 675,00	Q 313 875,00
Tubo PVC 10" (154,12 mL)	UNIDAD	27	Q 725,00	Q 19 575,00
Accesorios	GLOBAL	1	Q 10 761,60	Q 10 761,60
Total Mat., Maq. Y equipo				Q 344 211,60
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Instalación tubo PVC 8"	ML	1513,65	Q 33,00	Q 49 950,45
Instalación tubo PVC 10"	ML	154,12	Q 45,00	Q 6 935,40
Instalación de accesorios	GLOBAL	1	Q 2 152,32	Q 2 152,32
				Q 59 038,17
	Prestaciones	0,66		Q 2 597,68
Total Mano de obra				Q 61 635,85
Costo Directo				Q 405 847,45
Costo Indirecto			0,35	Q 142 046,61
<b>TOTAL SUBREGLON</b>				<b>Q 547 894,06</b>

Fuente: elaboración propia.



#### Apéndice 1.4.

4. POZOS DE VISITA				
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Concreto premezclado	M3	3	Q 450,00	Q 1 350,00
Tablones para formaleta	Unidad	50	Q 21,95	Q 1 097,50
Clavo de 2"	LIBRA	3	Q 6,00	Q 18,00
varilla de 3/8"	UNIDAD	73	Q 45,00	Q 3 285,00
Varilla de 1/2"	UNIDAD	48	Q 65,00	Q 3 120,00
Selecto	M3	1	Q 91,00	Q 91,00
Ladrillo Tayuyo 0,066*0,11*0,23	UNIDAD	19731	Q 3,50	Q 69 058,50
Total Mat., Maq. Y equipo			Q	78 020,00
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Fundición de piso	M3	3	Q 18,00	Q 54,00
Levantado de muro	M2	65	Q 40,00	Q 2 600,00
Brocal	UNIDAD	14	Q 68,00	Q 952,00
Fundición de tapadera	UNIDAD	14	Q 70,00	Q 980,00
				Q 4 586,00
Prestaciones		0,66		Q 201,78
Total Mano de obra				Q 4 787,78
Costo Directo				Q 82 807,78
Costo Indirecto		0,35		Q 28 982,72
<b>TOTAL SUBREGLON</b>				<b>Q 111 790,51</b>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1.5.

4. CANDELAS DOMICILIARES				
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Concreto premezclado	M3	12	Q 450,00	Q 5 400,00
Clavo 2"	LIBRA	7	Q 6,00	Q 42,00
Varilla de 1/4"	UNIDAD	48	Q 400,00	Q 19 200,00
Varilla de 3/8"	UNIDAD	113	Q 120,00	Q 13 560,00
Alambre de amarre	LIBRA	5	Q 8,00	Q 40,00
Tubo PVC 4"	UNIDAD	73	Q 295,00	Q 21 535,00
Pegamento para PVC	GALON	5	Q 320,00	Q 1 600,00
Tubo concreto 12"	UNIDAD	73	Q 130,00	Q 9 490,00
Yee 45°	UNIDAD	73	Q 165,00	Q 12 045,00
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q 82 912,00
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Instalación de tubo de concreto	UNIDAD	73	Q 20,00	Q 1 460,00
Instalación de accesorios	GLOBAL	1	Q 4 125,67	Q 4 125,67
Fundición de tapadera	UNIDAD	73	Q 45,00	Q 3 285,00
				Q 8 870,67
	Prestaciones		0,66	Q 390,31
	Total Mano de obra			Q 9 260,98
	Costo Directo			Q 92 172,98
	Costo Indirecto		0,35	Q 32 260,54
	TOTAL SUBREGLON			Q 124 433,52

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Unitarios y planos carretera de acceso al cantón CANDELARIA

1. PRELIMINARES				
<b>Limpia y Chapeo</b>	<b>Ha</b>	<b>3,86</b>	<b>Q</b>	<b>45 152,09</b>
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
MAQUINARIA				Q -
MATERIALES				
HERRAMINETA Y EQUIPO (5 % MANO DE OBRA)				Q 6 141,32
		Total Mat., Maq. Y equipo	Q	6 141,32
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Cuadrilla de limpieza (10 personas)	DIA	15,00	Q 3 100,00	Q 46 500,00
				Q 46 500,00
	Ayudante			Q 23 250,00
	Prestaciones 0,66/n			Q 6 576,43
	Total Mano de obra		Q	122 826,43
	Costo Directo		Q	128 967,75
	Costo Indirecto		0,35	Q 45 138,71
	<b>TOTAL SUBREGLON</b>		<b>Q</b>	<b>174 106,46</b>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.1.

1. PRELIMINARES					
Replanteo topográfico		Km	5,93	Q	2 295,23
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total	
MAQUINARIA				Q	-
Equipo de Topografía	GLOBAL	1,00	Q 5 000,00	Q	5 000,00
MATERIALES					
Madera	PIE TABLA	100,00	Q 6,00	Q	600,00
Calvos de diferentes longitudes	LIBRA	15,00	Q 5,60	Q	84,00
HERRAMINETA Y EQUIPO (5 % MANO DE OBRA)				Q	209,43
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q	5 893,43
MANO DE OBRA					
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total	
Cuadrilla de topografía	DIA	2,00	Q 1 000,00	Q	2 000,00
				Q	2 000,00
	Ayudante			Q	-
	Prestaciones 0,66/n			Q	188,57
	Total Mano de obra			Q	4 188,57
	Costo Directo			Q	10,082,00
	Costo Indirecto		0,35	Q	3 528,70
	TOTAL SUBREGLON			Q	13 610,70

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2.2.

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS				
Excavación No Clasificada	m3	35456,33		Q 39,24
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
MAQUINARIA				
Tractor D6H	HORA	420,00	Q 500,00	Q 210 000,00
Retroexcavadora	HORA	300,00	Q 400,00	Q 120 000,00
Vibro compactador	HORA	450,00	Q 325,00	Q 146 250,00
Motoniveladora	HORA	500,00	Q 350,00	Q 175 000,00
Camión de volteo (12M3)	HORA	300,00	Q 400,00	Q 120 000,00
Bomba de agua	HORA	500,00	Q 200,00	Q 100 000,00
Rodo Sheep foot	HORA	350,00	Q 405,00	Q 141 750,00
MATERIALES				Q -
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q 1 013 000,00
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Cheque (10 personas)	DIA	15,00	Q 1 100,00	Q 16 500,00
				Q 16 500,00
	Ayudante			Q 8 250,00
	Prestaciones 0,66/n			Q 1 089,00
	Total Mano de obra			Q 17 589,00
	Costo Directo			Q 1 030 589,00
	Costo Indirecto		0,35	Q 360 706,15
	TOTAL SUBREGLÓN			Q 1 391 295,15

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.3.

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS				
Excavación No Clasificada para préstamo		m3	16509,24	Q 58,56
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
MAQUINARIA				
Excavadora	HORA	230,00	Q 215,00	Q 49 450,00
Retroexcavadora	HORA	100,00	Q 400,00	Q 40 000,00
MATERIALES				
Material selecto	M3	16509,24	Q 45,50	Q 751 170,42
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q 840 620,42
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
				Q -
	Ayudante			Q -
	Prestaciones 0,66/n			Q -
	Total Mano de obra			Q -
	Costo Directo			Q 840,620,42
	Costo Indirecto		0,15	Q 126 093,06
	TOTAL SUBREGLÓN			Q 966 713,48

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2.4

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS				
Acarreo		16509,22	m3/Km	Q 8,36
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
MAQUINARIA				
Camión de volteo (12M3)	HORA	220,00	Q 400,00	Q 88 000,00
MATERIALES				Q -
EQUIPO (5% DE MANO DE OBRA)				Q 679,36
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q 88 679,36
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Cheque (8 personas)	DIA	10,00	Q 880,00	Q 8 800,00
				Q 8 800,00
	Ayudante			Q 4 400,00
	Prestaciones 0,66/n			Q 387,20
	Total Mano de obra			Q 13 587,20
	Costo Directo			Q 102 266,56
	Costo Indirecto		0,35	Q 35 793,30
	TOTAL SUBREGLÓN			Q 138 059,86

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.5.

3. PAVIMENTO				
Reacondicionamiento de Subrasante		38556,70 m2	Q	9,27
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
MAQUINARIA				
Motoniveladora	HORA	240,00	Q 350,00	Q 84 000,00
Vibro compactador	HORA	175,00	Q 325,00	Q 56 875,00
Bomba de agua 2000 gal	HORA	240,00	Q 200,00	Q 48 000,00
MATERIALES				
EQUIPO (5% MANO DE OBRA)				Q 3 608,10
Total Mat., Maq. Y equipo			Q	192 483,10
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Cheque (12 personas)	DIA	30,00	Q 1 320,00	Q 39 600,00
Maestro de Obras	DIA	30,00	Q 200,00	Q 6 000,00
				Q 45 600,00
	Ayudante			Q 22 800,00
	Prestaciones 0,66/n			Q 3 762,00
	Total Mano de obra			Q 72 162,00
	Costo Directo			Q 264 645,10
	Costo Indirecto		0,35	Q 92 625,79
	TOTAL SUBREGLÓN			Q 357 270,89

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 2.6.

3. PAVIMENTO				
Capa Base (e = 0,10 m)		3855,80	m3	Q 315,84
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
MAQUINARIA				
Vibro compactador	HORA	220,00	Q 225,00	Q 49 500,00
Motoniveladora	HORA	350,00	Q 400,00	Q 140 000,00
Camión de volteo (12M3)	HORA	220,00	Q 400,00	Q 88 000,00
Bomba de agua 2000 gal	HORA	350,00	Q 140,00	Q 49 000,00
MATERIALES				
Material granular	M3	3855,80	Q 85,00	Q 327 743,00
EQUIPO (5% MANO DE OBRA)				Q 11 801,81
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q 666 044,81
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Acarreo	m3/km	25062,00	Q 6,25	Q 156 637,50
Maestro de Obra	DIA	30,00	Q 150,00	Q 4 500,00
Albañiles (12 personas)	DIA	30,00	Q 1 320,00	Q 39 600,00
				Q 200,737,50
	Ayudante			Q 22 050,00
	Prestaciones 0,66/n			Q 13 248,68
	Total Mano de obra			Q 236 036,18
	Costo Directo			Q 902 080,98
	Costo Indirecto		0,35	Q 315 728,34
	TOTAL SUBRENLÓN			Q 1 217 809,33

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.7.

<b>3. PAVIMENTO</b>				
<b>Carpeta de Rodadura</b>		<b>5783,51 m3</b>	<b>Q</b>	<b>2 027,47</b>
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
MAQUINARIA				
Vibrador	Días	20,00	Q 450,00	Q 9 000,00
MATERIALES				
Concreto premezclado	M3	6072,68	Q 1 600,00	Q 9 716 280,00
Tablón (2"x12"x10')	UNIDAD	50,00	Q 60,00	Q 3 000,00
Clavo para madera 3"	LIBRA	75,00	Q 6,25	Q 468,75
Alambre de amarre	LIBRA	75,00	Q 5,35	Q 401,25
Costanera de 6,00 metros	UNIDAD	25,00	Q 180,00	Q 4 500,00
Antisol	GAL	1285,00	Q 65,00	Q 83 525,00
Material poliuretano (Sello)	ML	19576,00	Q 16,00	Q 313 216,00
EQUIPO				
Palas, azadones piochas	GLOBAL	1,00	Q 15 000,00	Q 15 000,00
Arrastre manual	DIA	20,00	Q 390,00	Q 7 800,00
Rallador	DIA	20,00	Q 320,00	Q 6 400,00
Espátulas	GLOBAL	1,00	Q 1 000,00	Q 1 000,00
				Q 10,160,591,00
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Colocación de arrastres	ML	5932,00	Q 5,50	Q 32 626,00
Retiro de arrastres	ML	5932,00	Q 4,00	Q 23 728,00
Corte de concreto	ML	19576,00	Q 6,50	Q 127 244,00
Colocación de concreto	M3	5783,50	Q 60,00	Q 347 010,00
Sello de juntas	ML	9788,00	Q 6,50	Q 63 622,00
Aplicación de antisol	M2	35596,00	Q 3,50	Q 124 586,00
Limpieza	M2	44488,50	Q 3,50	Q 155 709,75
				Q 874 525,75
Ayudante				Q 437 262,88
Prestaciones 0,66/n				Q 28 859,35
Total Mano de obra				Q 1 340,647,97
Costo Directo				Q 11 501 238,97
Costo Indirecto		0,35		Q 224 663,60
<b>TOTAL SUBREGLÓN</b>				<b>Q 11 725 902,57</b>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.8.

4. DRENAJES				
Drenaje Transversal		190,00	ml	Q 1 610,27
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
MAQUINARIA				
Bailarina	HORA	6,00	Q 32,25	Q 193,50
Cargador frontal	HORA	80,00	Q 400,00	Q 32 000,00
Camión de volteo (12M3)	HORA	30,00	Q 400,00	Q 12 000,00
Bomba de agua 2000 gal	HORA	30,00	Q 140,00	Q 4 200,00
MATERIALES				
Tubo de concreto (diam. 30")	UNIDAD	127,00	Q 912,00	Q 115 824,00
Cemento	SACO	72,00	Q 77,00	Q 5 544,00
Arena de río	M3	8,00	Q 87,00	Q 696,00
Material Selecto	M3	8,00	Q 58,05	Q 464,40
EQUIPO (5% MANO DE OBRA)				Q 2 652,79
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q 173 574,69
MANO DE OBRA				
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Colocación de tubería	UNIDAD	127,00	Q 50,00	Q 6 350,00
Relleno y compactación manual	M3	375,00	Q 39,70	Q 14 887,50
Acarreo de material sobrante	M3/Km	2 100,00	Q 6,25	Q 13 125,00
				Q 34 362,50
	Ayudante			Q 17 181,25
	Prestaciones 0,66/n			Q 1 511,95
	Total Mano de obra			Q 53 055,70
	Costo Directo			Q 226 630,39
	Costo Indirecto		0,35	Q 79 320,63
	TOTAL SUBREGLÓN			Q 305 951,02

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.9.

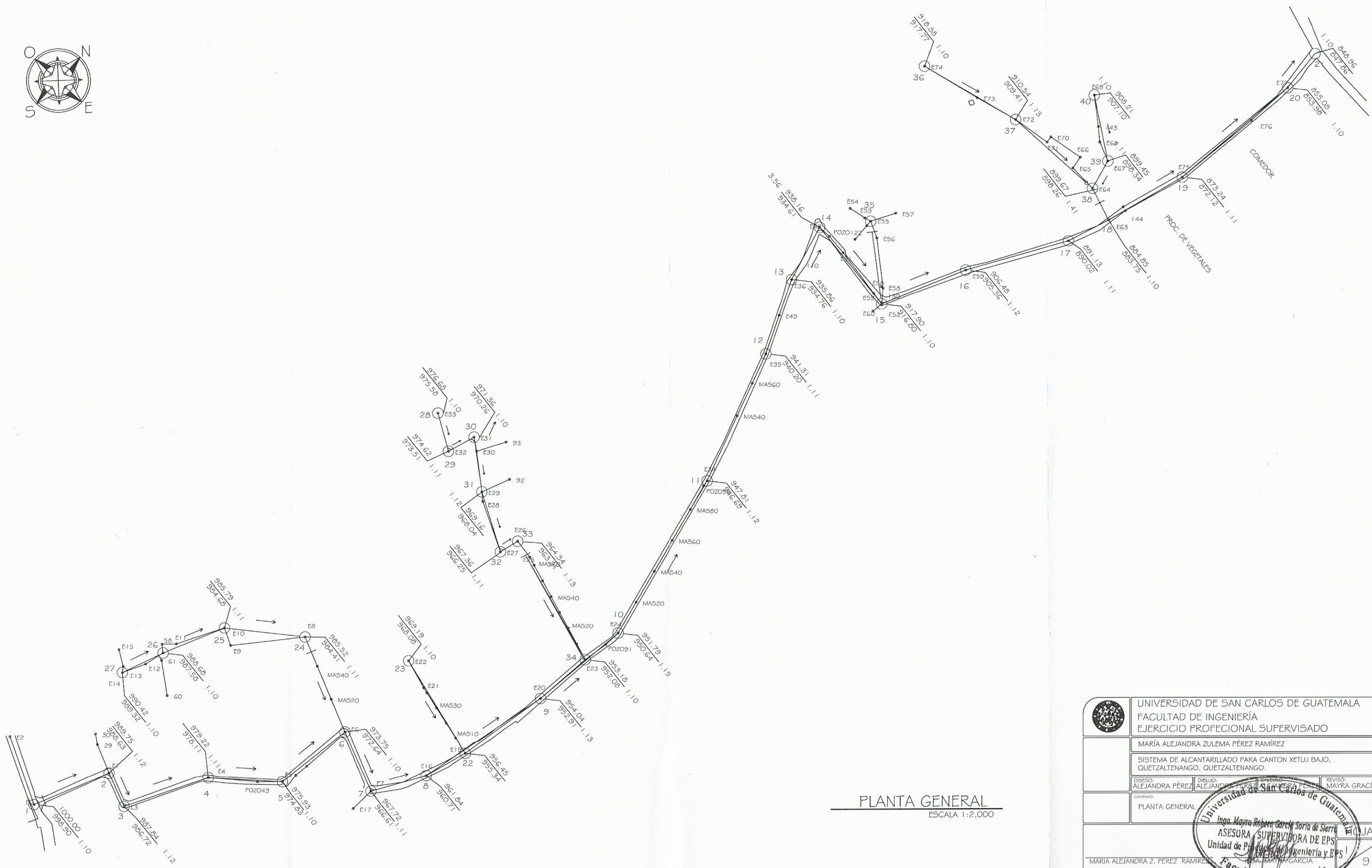
4. DRENAJES					
Conformación de Cuneta		1601,10	m3	Q	912,96
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario		Total
MAQUINARIA					
Vibrador	DIA	15,00	Q	150,00	Q 2 250,00
MATERIALES					
Arrastre manual	DIA	6,00	Q	390,00	Q 2 340,00
Tablón (2"x12"x10')	Unidad	145,00	Q	60,00	Q 8 700,00
Clavo para madera 2"	LIBRA	45,00	Q	6,25	Q 281,25
Concreto Premezclado	M3	428,72	Q	1 600,00	Q 685 952,00
EQUIPO (5% MANO DE OBRA)					Q 18 249,99
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q	717 773,24
MANO DE OBRA					
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario		Total
Colocación de formaletas	ml	11864,00	Q	6,00	Q 71 184,00
Retiro de formaletas	ml	11864,00	Q	3,00	Q 35 592,00
Colocación de concreto	m3	428,72	Q	60,00	Q 25 723,20
Excavación manual	m3	1601,10	Q	52,30	Q 83 737,53
Retiro de material sobrante	m3	1601,10	Q	6,54	Q 10,471,19
					Q 226 707,92
	Ayudante				Q 113 353,96
	Prestaciones 0,66/n				Q 24 937,87
	Total Mano de obra			Q	364 999,76
	Costo Directo			Q	1 082 773,00
	Costo Indirecto		0,35	Q	378 970,55
	TOTAL SUBREGLÓN			Q	1 461 743,54

Fuente: elaboración propia.


Apéndice 2.10.

4. DRENAJES					
Cabezales		15,00	M3	Q	2 636,78
MATERIALES, MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total	
MAQUINARIA					
Concretera y Vibrador	DIA	7,00	Q 450,00	Q	3 150,00
MATERIALES					
Cemento	SACO	91,32	Q 77,00	Q	7 031,34
Arena	M3	5,13	Q 110,00	Q	563,75
Piedrín	M3	5,13	Q 145,00	Q	743,13
Tacos	UNIDAD	500,00	Q 1,00	Q	500,00
Hierro No. 4 grado 40 de 6 m	VARILLA	197,00	Q 35,58	Q	7 009,26
Alambre de amarre	LB	2,88	Q 6,25	Q	17,97
Angular de 1 1/2" x 1 1/2"	UNIDAD	37,00	Q 72,95	Q	2 699,15
Madera	PT	37,00	Q 6,40	Q	236,80
Clavo	LB	2,88	Q 5,60	Q	16,10
Desencofrante	GAL	2,50	Q 154,00	Q	385,00
EQUIPO (5% MANO DE OBRA)				Q	330,72
		Total Mat., Maq. Y equipo		Q	22 683,21
MANO DE OBRA					
Descripción Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total	
Fundición	m3	8,87	Q 60,00	Q	532,04
Armado de hierro No. 4	ml	1126,00	Q 1,40	Q	1 576,40
Colocación de tacos	U	500,00	Q 0,50	Q	250,00
Colocación y retiro de formaleta	m2	56,30	Q 9,00	Q	506,70
Aplicación de Desencofrante	m2	56,30	Q 3,50	Q	197,05
				Q	3 062,19
	Ayudante			Q	1 531,09
	Prestaciones 0,66/n			Q	2 021,04
	Total Mano de obra			Q	6 614,32
	Costo Directo			Q	29 297,53
	Costo Indirecto		0,35	Q	10,254,14
	TOTAL SUBRENLÓN			Q	39 551,67

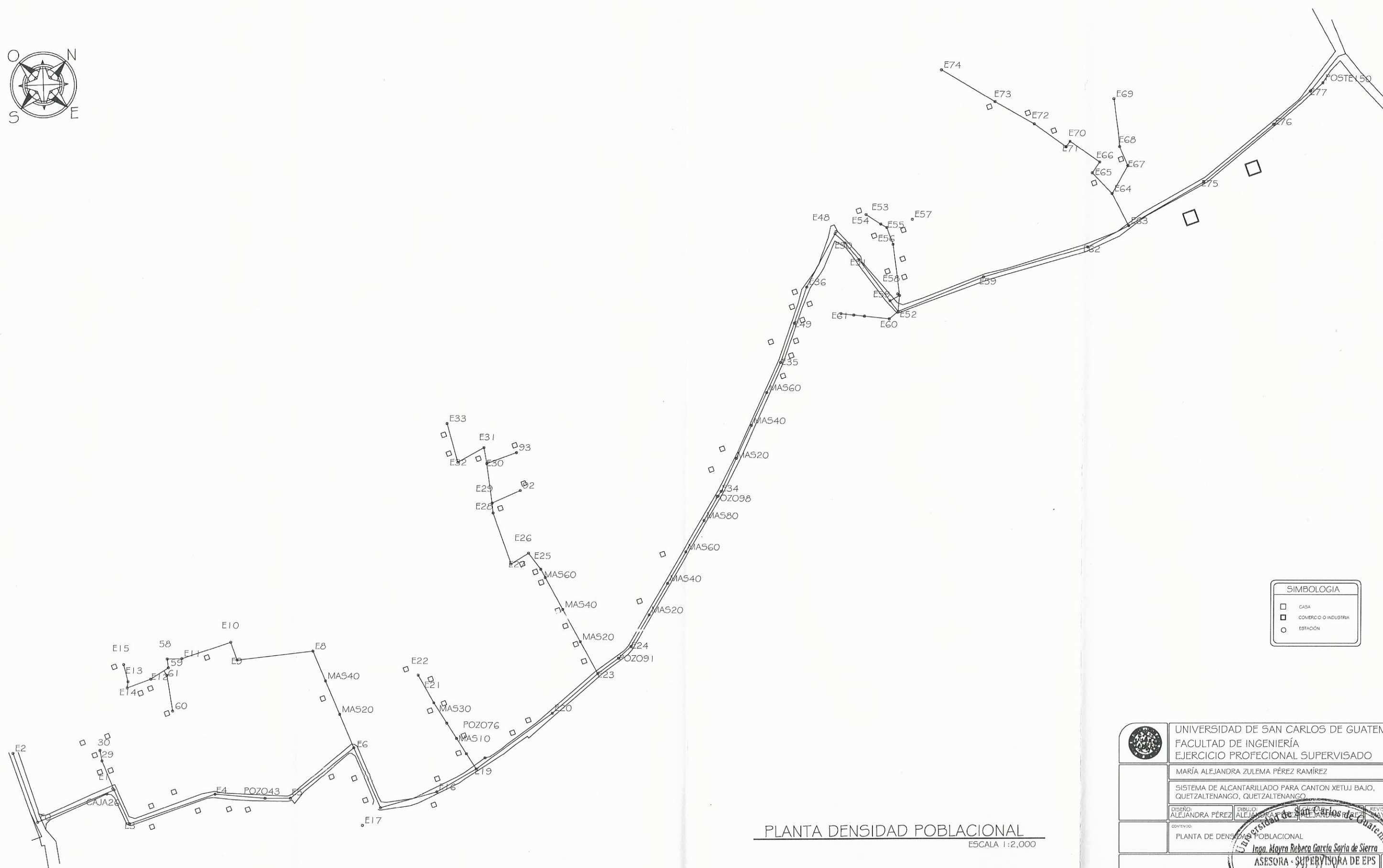
Fuente: elaboración propia.



PLANTA GENERAL  
ESCALA 1:2,000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
	MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.				
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	CALIFICÓ: MAYRA GRACIA	REVISÓ: MAYRA GRACIA	
CONTENIDO: PLANTA GENERAL				
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ				


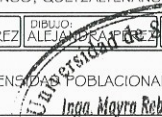



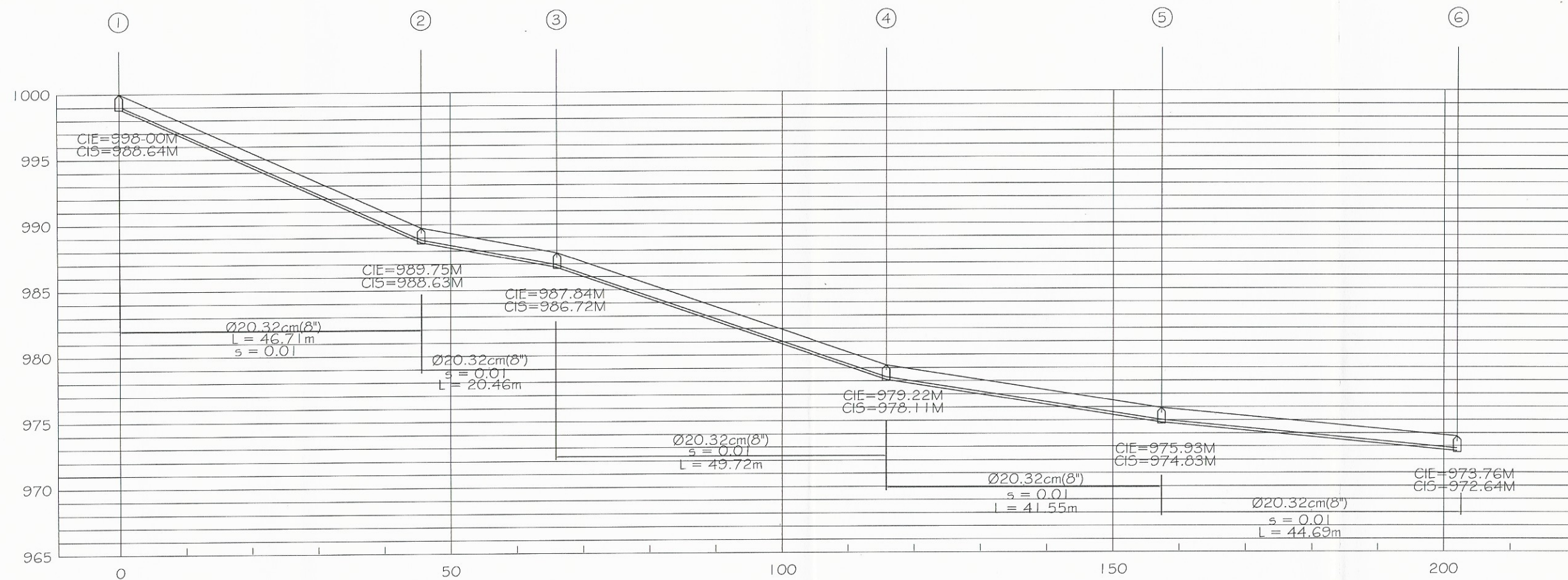


PLANTA DENSIDAD POBLACIONAL

**SIMBOLOGIA**

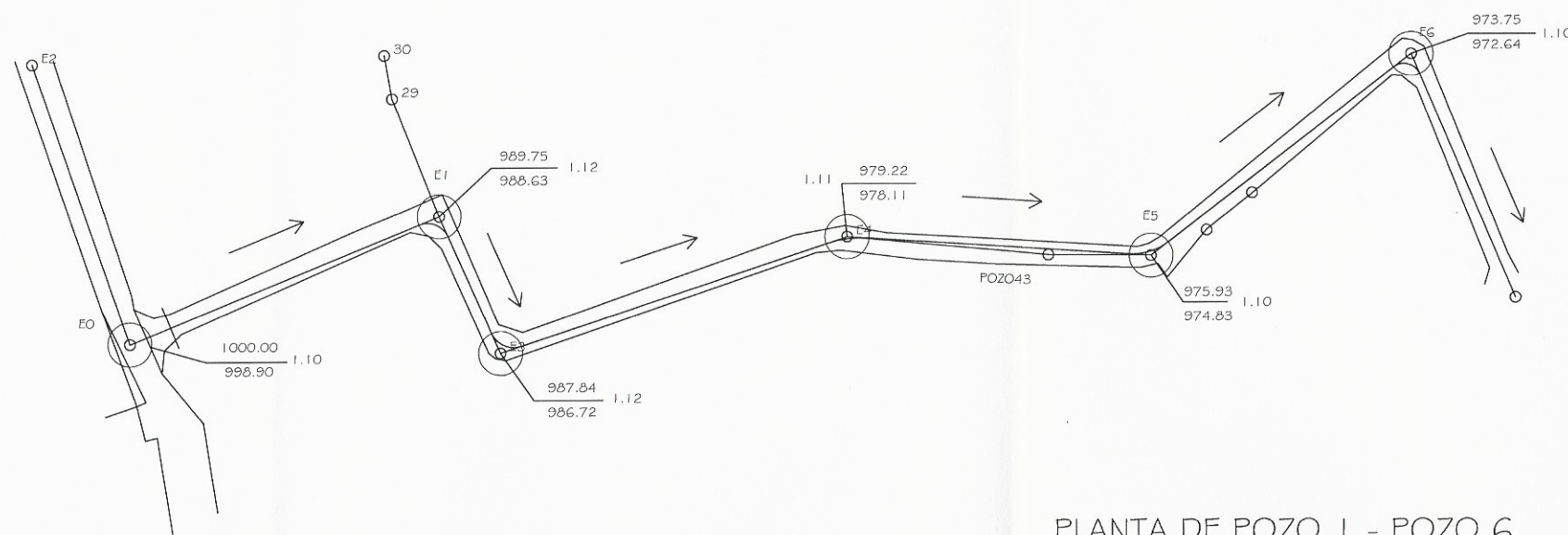
- ☐ CASA
- ☒ COMERCIO O INDUSTRIA
- ☐ ESTACIÓN

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
	MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ		
	SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.		
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MARÍA GRACIA
CONTENIDO:	PLANTA DE DENSIDAD POBLACIONAL		
			
			
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	ING. MAYRA GARCÍA SORÍA DE SIERRA		



PERFIL POZO 1 - POZO 6

ESCALA HORIZONTAL 1:750  
ESCALA VERTICAL 1:375

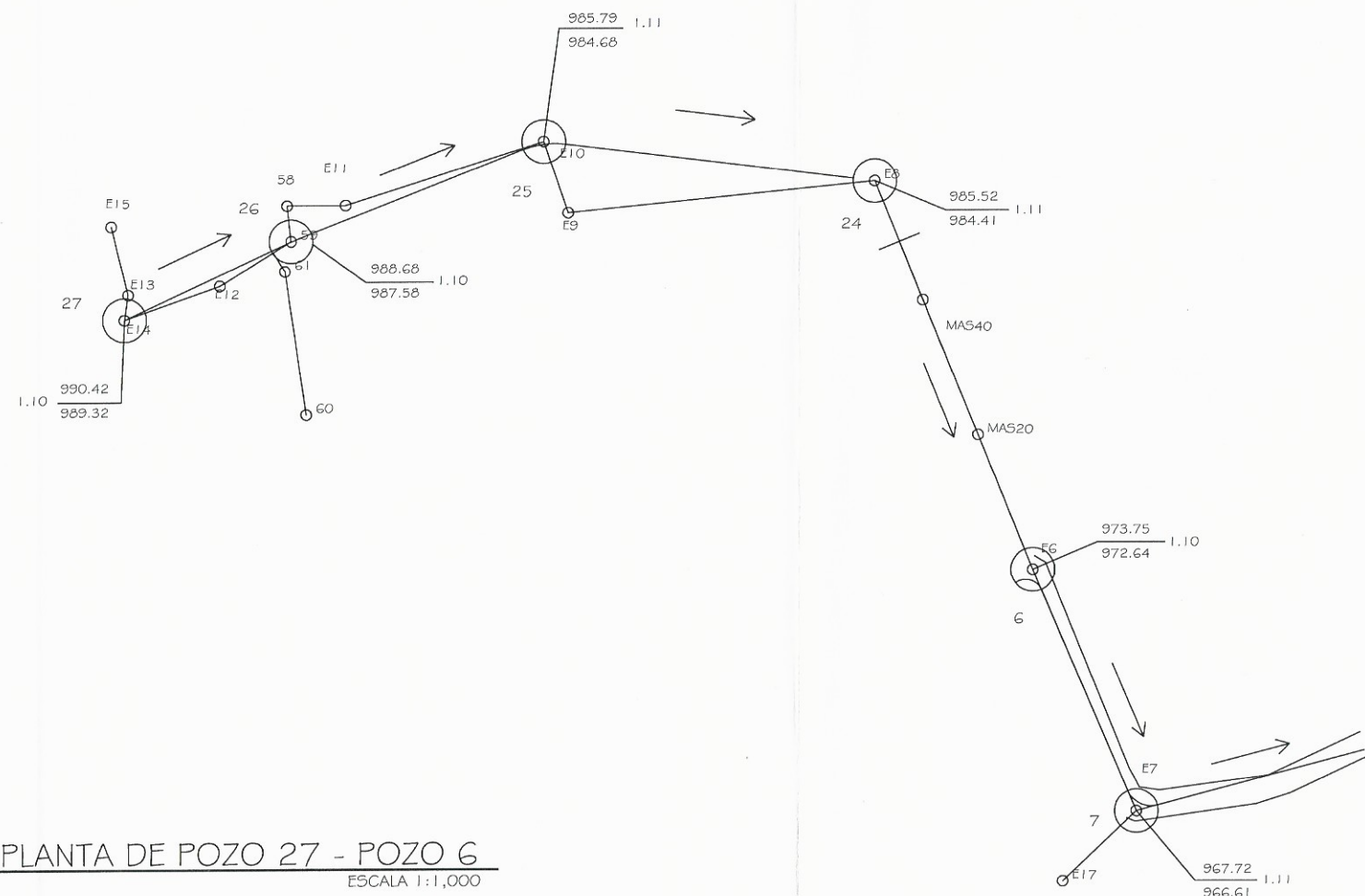



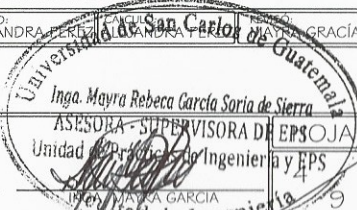
PLANTA DE POZO 1 - POZO 6

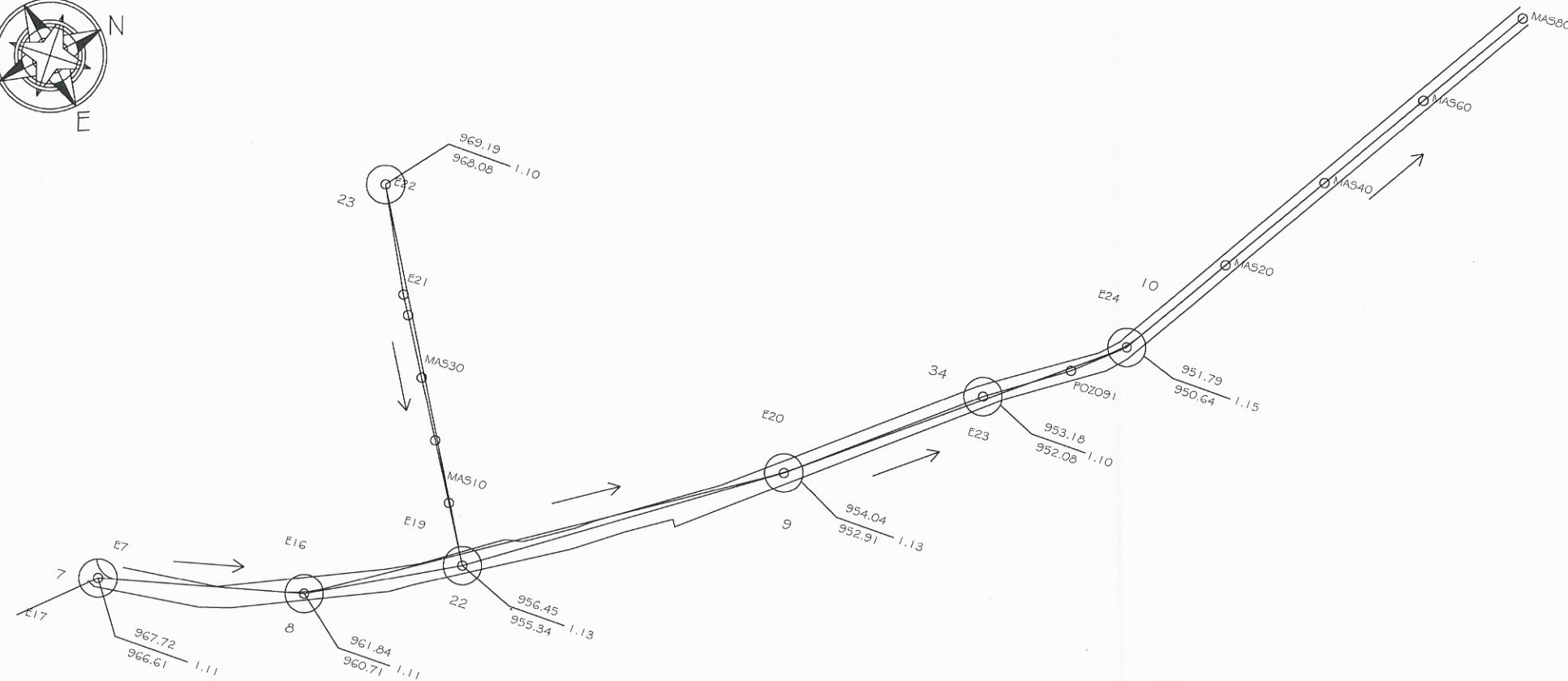
ESCALA 1:1,000

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
		MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
		SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CONTENIDO: PLANTA PERFIL		Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASISORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ		HOJA 3	9

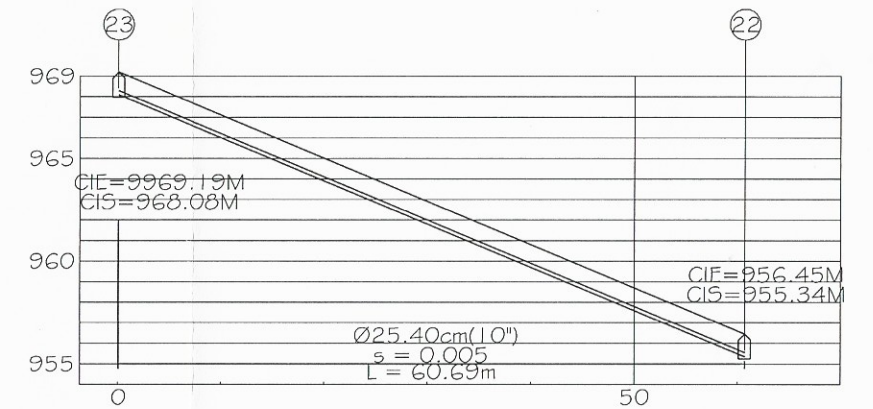




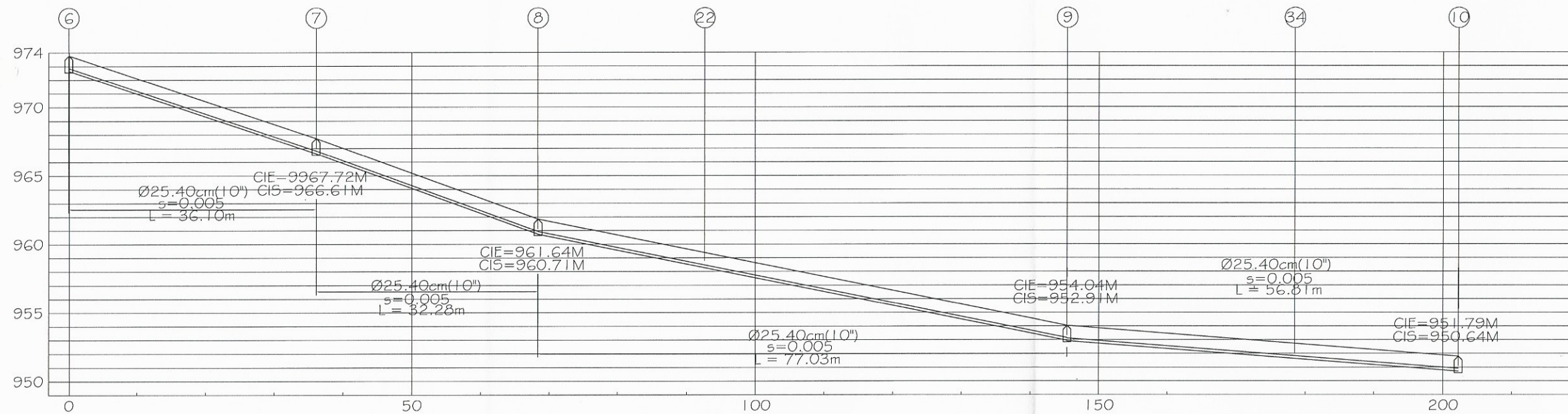
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
	SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	GRACIA
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	 <p>Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS OJA Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS MAYRA GARCÍA Unidad de Ingeniería</p>	
MARÍA ALEJANDRA Z. PEREZ RAMIREZ		



PLANTA DE POZO 7 - POZO 10  
ESCALA 1:1,000



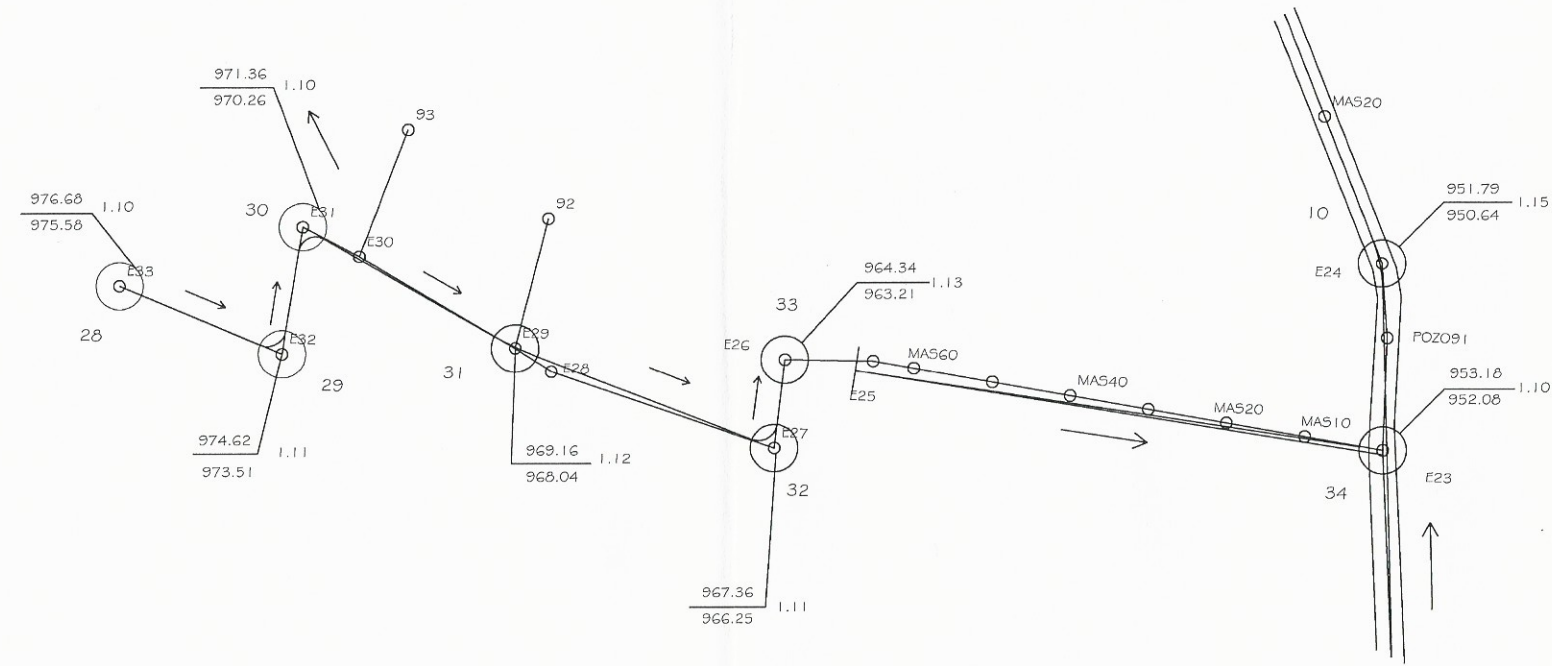
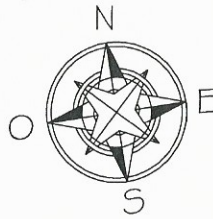
PERFIL POZO 22 - POZO 21  
ESCALA HORIZONTAL 1:750  
ESCALA VERTICAL 1:375



PERFIL POZO 7 - POZO 10  
ESCALA HORIZONTAL 1:750  
ESCALA VERTICAL 1:375

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO			
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO			
PLANTA PERFIL			
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra			
ASESORA SUPERVISORA DE EPS			
Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS			
MARÍA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			
9			



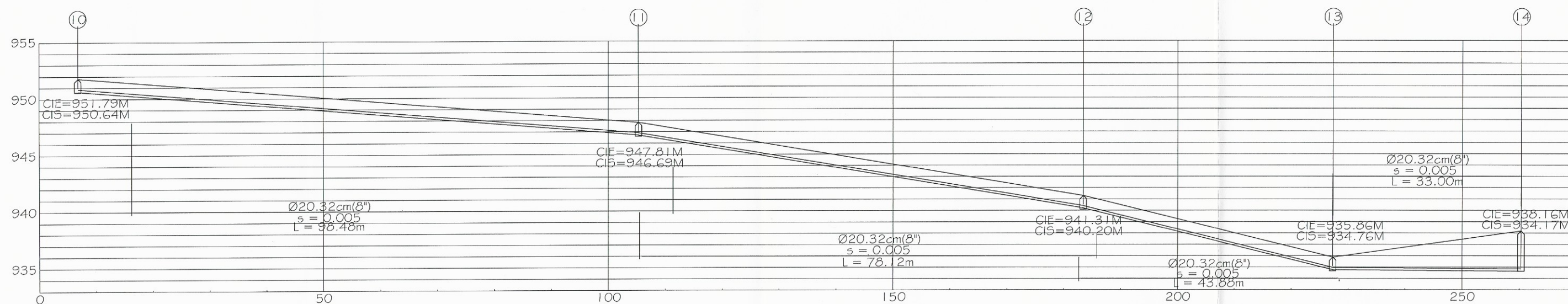


PLANTA DE POZO 28 - POZO 34  
ESCALA 1:1,000

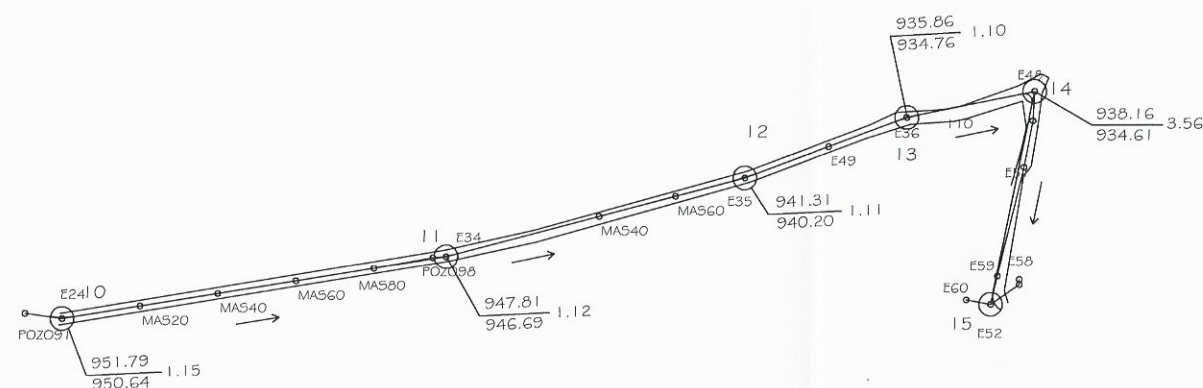


PERFIL POZO 28 - POZO 34  
ESCALA HORIZONTAL 1:750  
ESCALA VERTICAL 1:375

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ		SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISOR: INGENIERO
PLANTA PERFIL		HOJA
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ		9



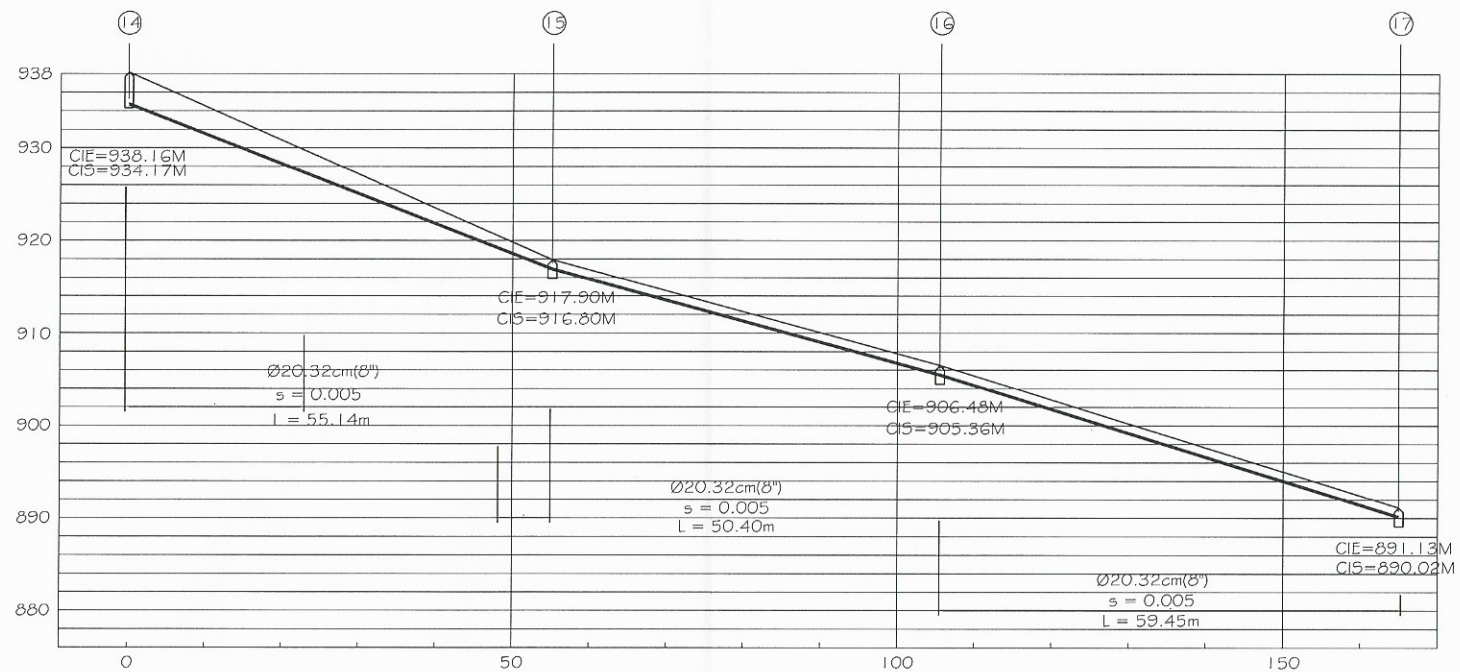
PERFIL POZO 10 - POZO 14  
 ESCALA HORIZONTAL 1:750  
 ESCALA VERTICAL 1:375



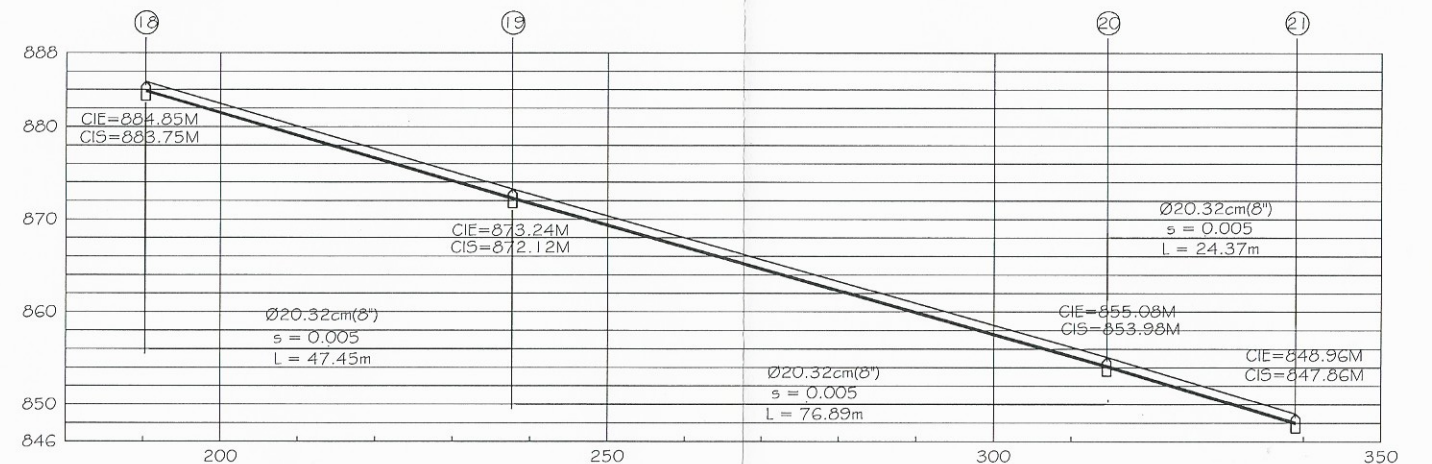
PLANTA DE POZO 10 - POZO 15  
 ESCALA 1:1,000

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ		
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.		
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	SUPERVISOR: MAYRA GRACIA
CONTENIDO: PLANTA PERFIL		
MARIA ALEJANDRA Z. PEREZ RAMIREZ		HOJA 9

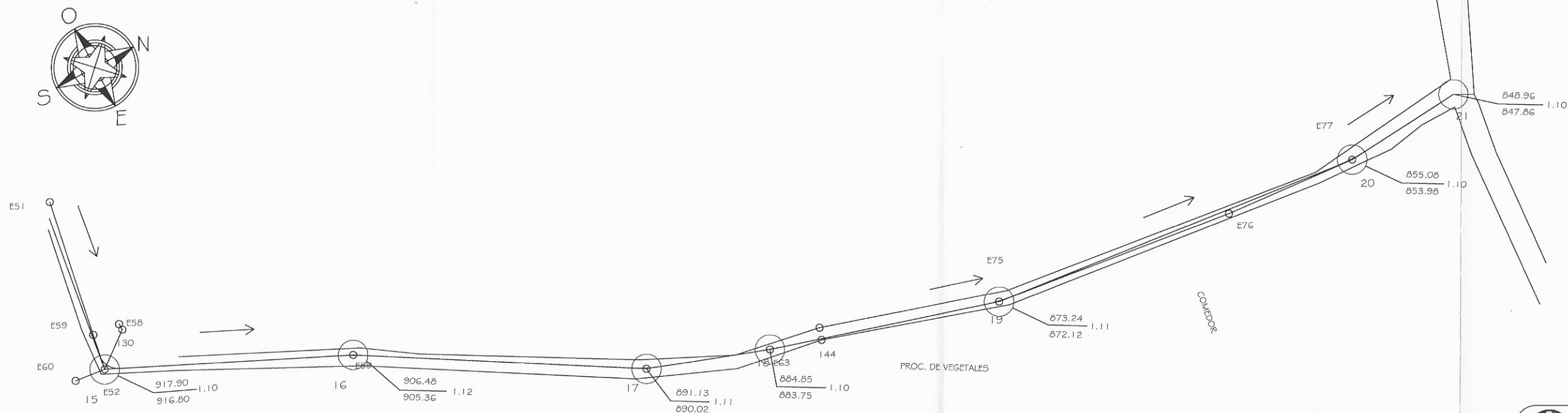




PERFIL POZO 14 - POZO 17  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1,000  
 ESCALA VERTICAL 1:500



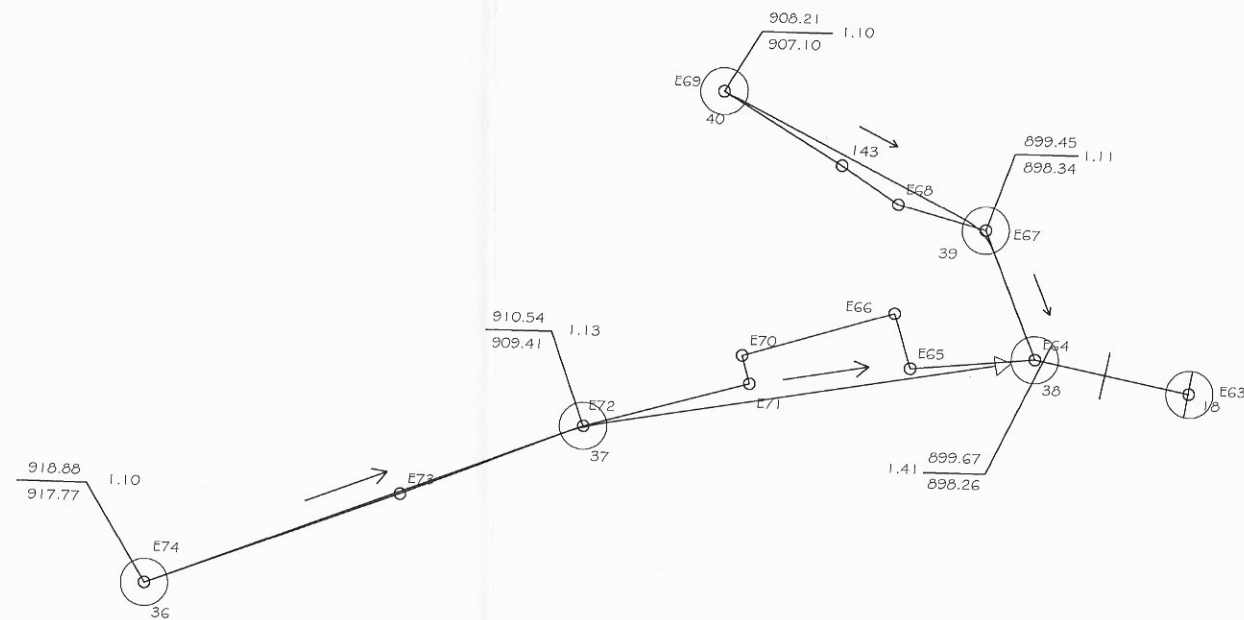
PERFIL POZO 18 - POZO 21  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1,000  
 ESCALA VERTICAL 1:500



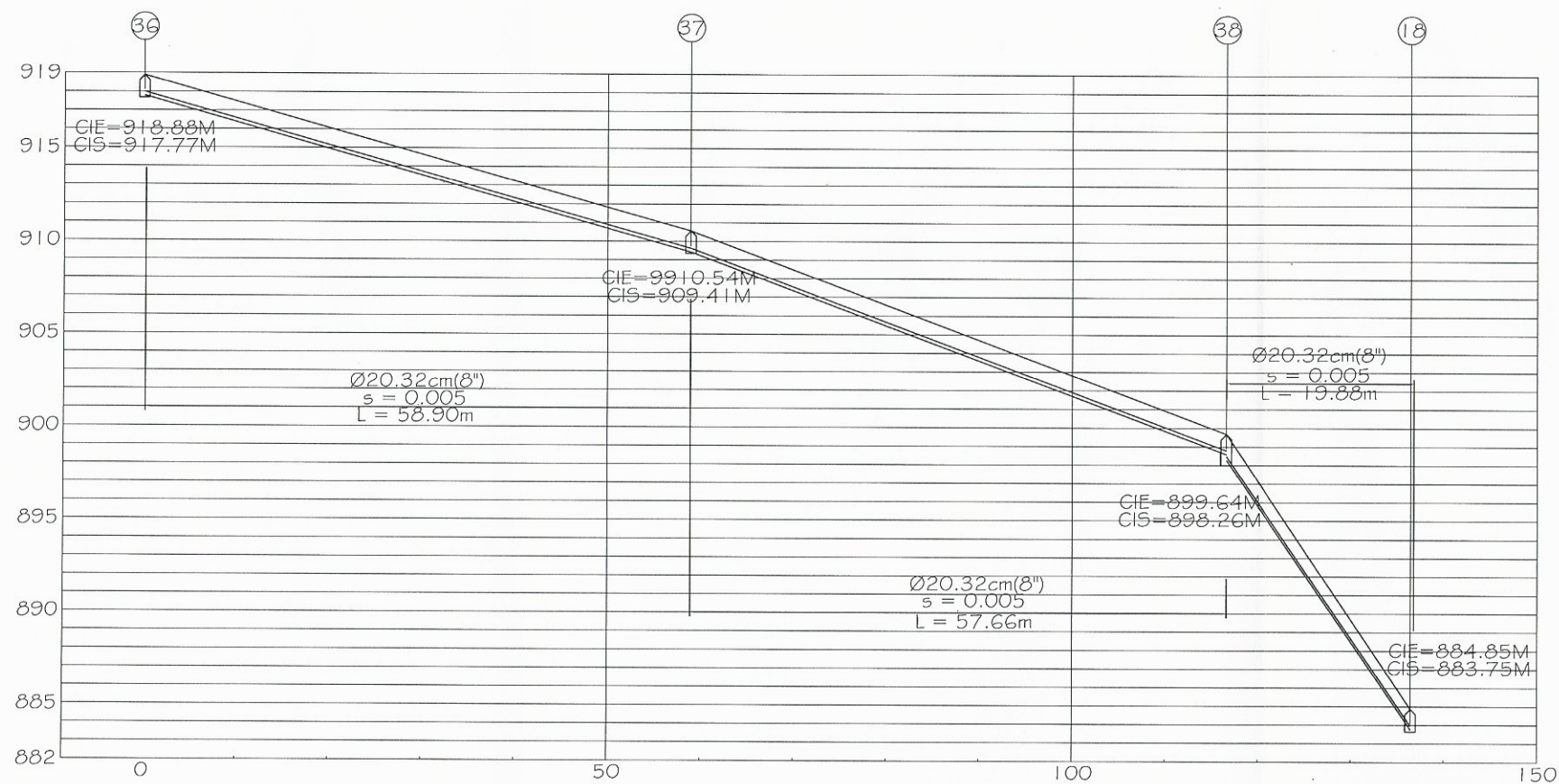
PLANTA DE POZO 15 - POZO 21  
 ESCALA 1:1,000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	

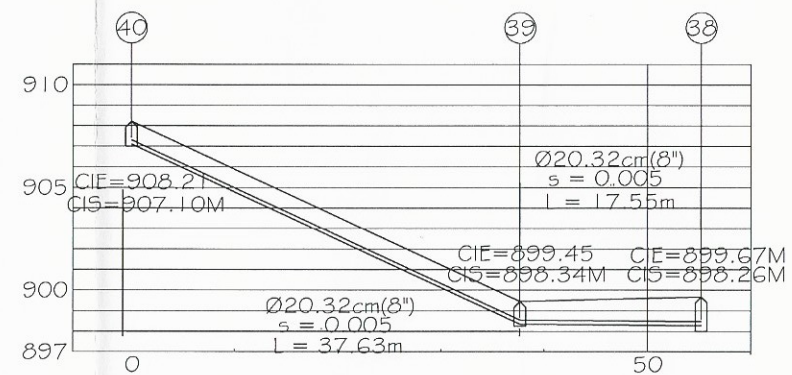




PLANTA DE POZO 40 - POZO 18  
ESCALA 1:1,000



PERFIL POZO 36 - POZO 18  
ESCALA HORIZONTAL 1:1,000  
ESCALA VERTICAL 1:500




PERFIL POZO 38 - POZO 40  
ESCALA HORIZONTAL 1:750  
ESCALA VERTICAL 1:375

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA CANTON XETUJ BAJO, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO			
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
PLANTA PERFIL			
Inga Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS			
MARIA ALEJANDRA Z. PEREZ RAMIREZ			
9			


# ANEXOS

## RESULTADOS DEL ENSAYO DE SUELOS

### Anexo 1. Resultados ensayo de Límites de Atterberg



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

INFORME No. 112 S.S. O.T.: 32,562

---

Interesado: Maria Fernanda Zulema Pérez Ramírez

Proyecto: EPS "Diseño de la Carretera de Acceso al Cantón Candelaria, Quetzaltenango, Quetzaltenango"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Quetzaltenango, Quetzaltenango

FECHA: miércoles, 05 de marzo de 2014


RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	24.4	4.9	ML	Grava arenosa color gris y rosa


(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD


Atentamente,

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



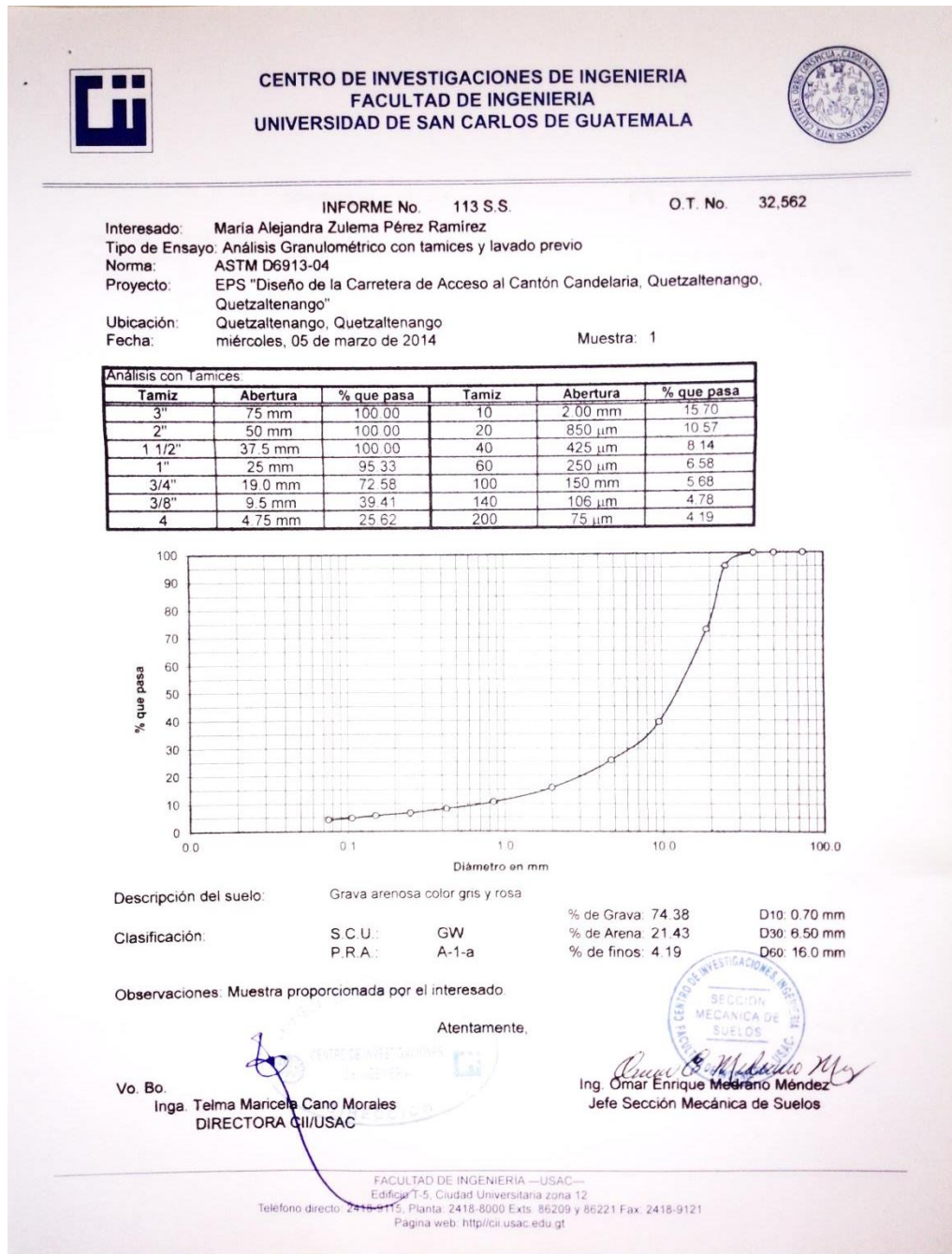


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

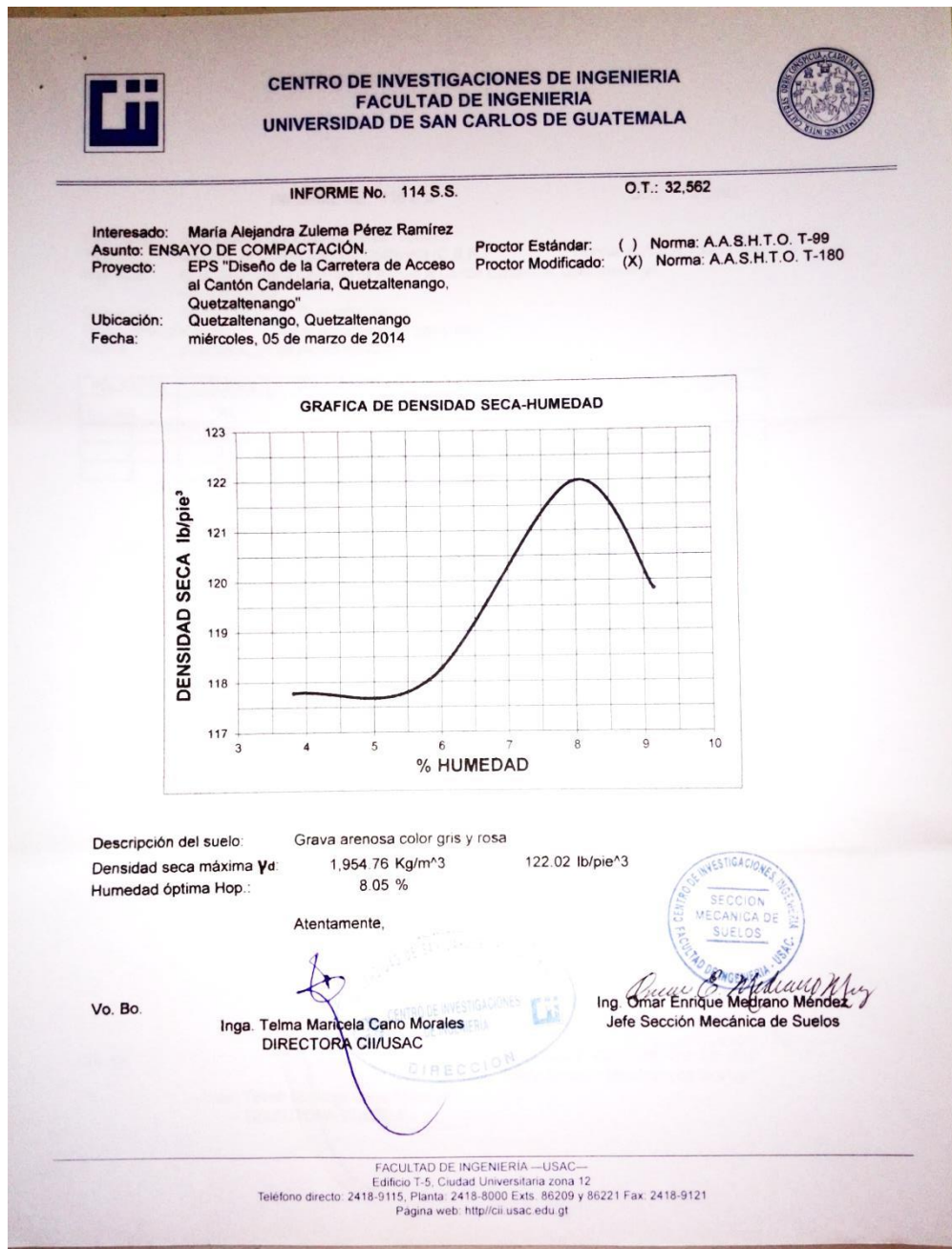
## Anexo 2. Resultados ensayo de análisis granulométrico



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

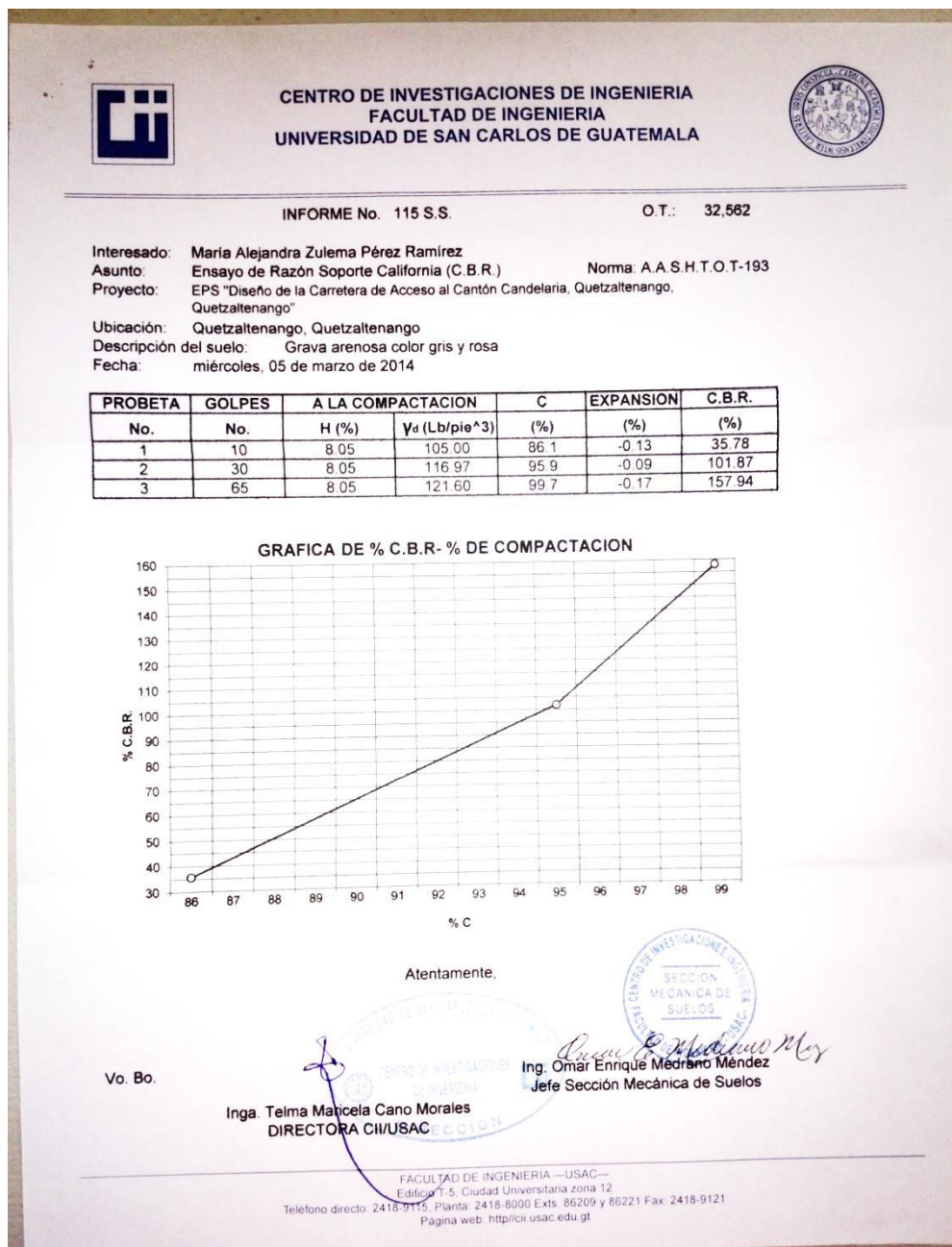


### Anexo 3. Resultados ensayo de Compactación



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Anexo 4. Resultados ensayo de CBR

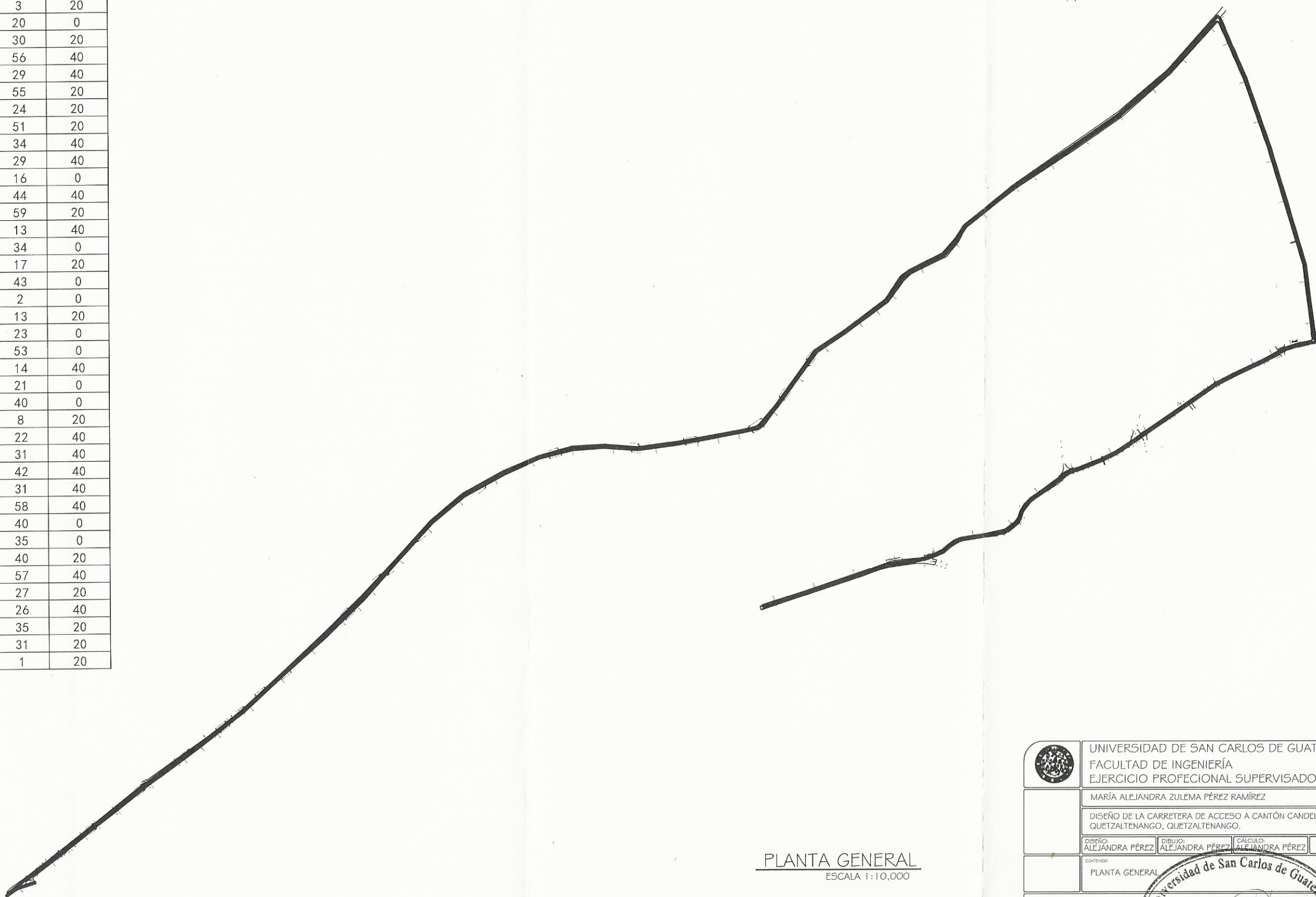


Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.






ESTACION	P. O	DISTANCIA	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
E0	E1	91.62	179	6	0
E1	E2	91.67	178	3	20
E2	E3	100.67	177	20	0
E3	E4	100.9	177	30	20
E4	E5	87.93	180	56	40
E5	E6	97	180	29	40
E6	E7	69.28	178	55	20
E7	E8	158	174	24	20
E8	E9	138.8	175	51	20
E9	E10	120.6	171	34	40
E10	E11	113.04	168	29	40
E11	E12	130	168	16	0
E12	E13	99	176	44	40
E13	E14	108.48	187	59	20
E14	E15	92.09	192	13	40
E15	E16	83.06	201	34	0
E16	E17	75.76	208	17	20
E17	E18	80.07	221	43	0
E18	E19	96.4	208	2	0
E19	E20	156.93	206	13	20
E20	E21	52.9	201	23	0
E21	E22	53.43	159	53	0
E22	E23	153.84	160	14	40
E23	E24	90.13	183	21	0
E24	E25	123.8	179	40	0
E25	E26	66.43	158	8	20
E26	E27	114.59	188	22	40
E27	E28	87.05	162	31	40
E28	E29	147.88	176	42	40
E29	E30	166.44	181	31	40
E30	E31	130.2	180	58	40
E31	E32	162.6	177	40	0
E32	E33	177.2	167	35	0
E33	E34	157.15	283	40	20
E34	E35	179.65	285	57	40
E35	E36	118.6	288	27	20
E36	E37	170.3	289	26	40
E37	E38	101.67	299	35	20
E38	E39	82.93	298	31	20
E39	E0	2.07	345	1	20



PLANTA GENERAL  
ESCALA 1:10,000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ

DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA,  
QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.

DISEÑO:  
ALEJANDRA PÉREZ

DIBUJO:  
ALEJANDRA PÉREZ

CÁLCULO:  
ALEJANDRA PÉREZ

REVISÓ:  
MAYRA GRACÍA

CONTENIDO:  
PLANTA GENERAL

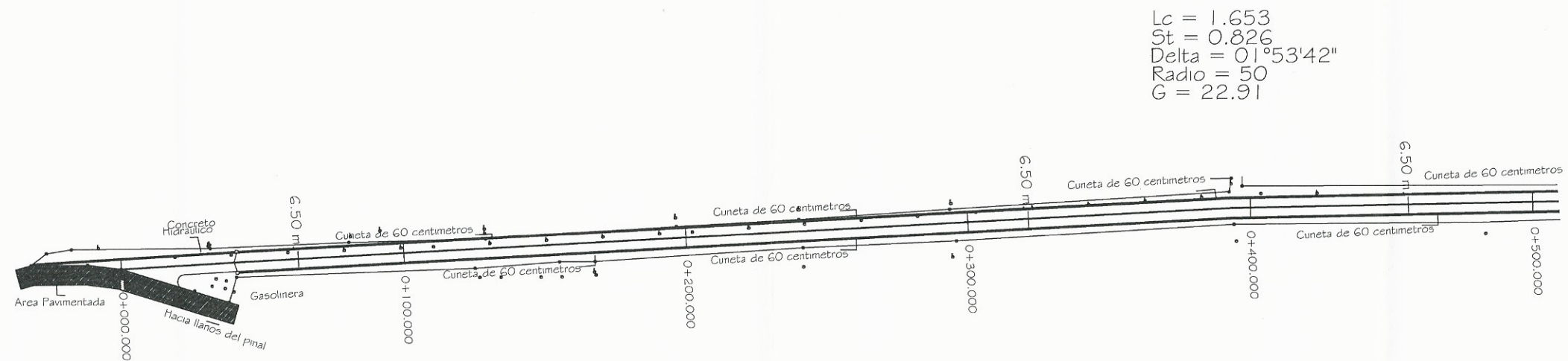
Universidad de San Carlos de Guatemala

Inga. Mayra Rebecca García Sierra  
ASESORA - GUATEMALA DE EPS

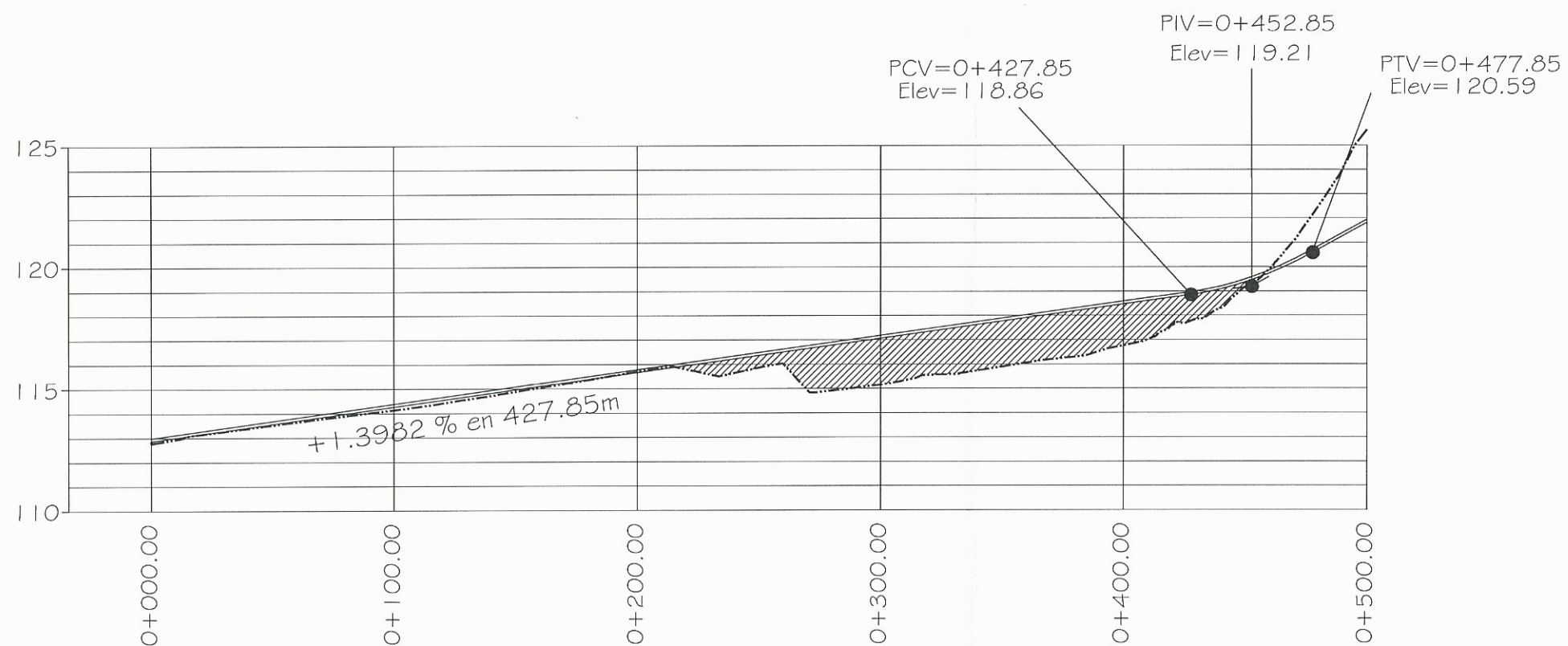
Facultad de Ingeniería

MARIA ALEJANDRA Z. PEREZ

HOJA  
30



PLANTA EST. 0+000 - 0+500  
ESCALA 1:2,000

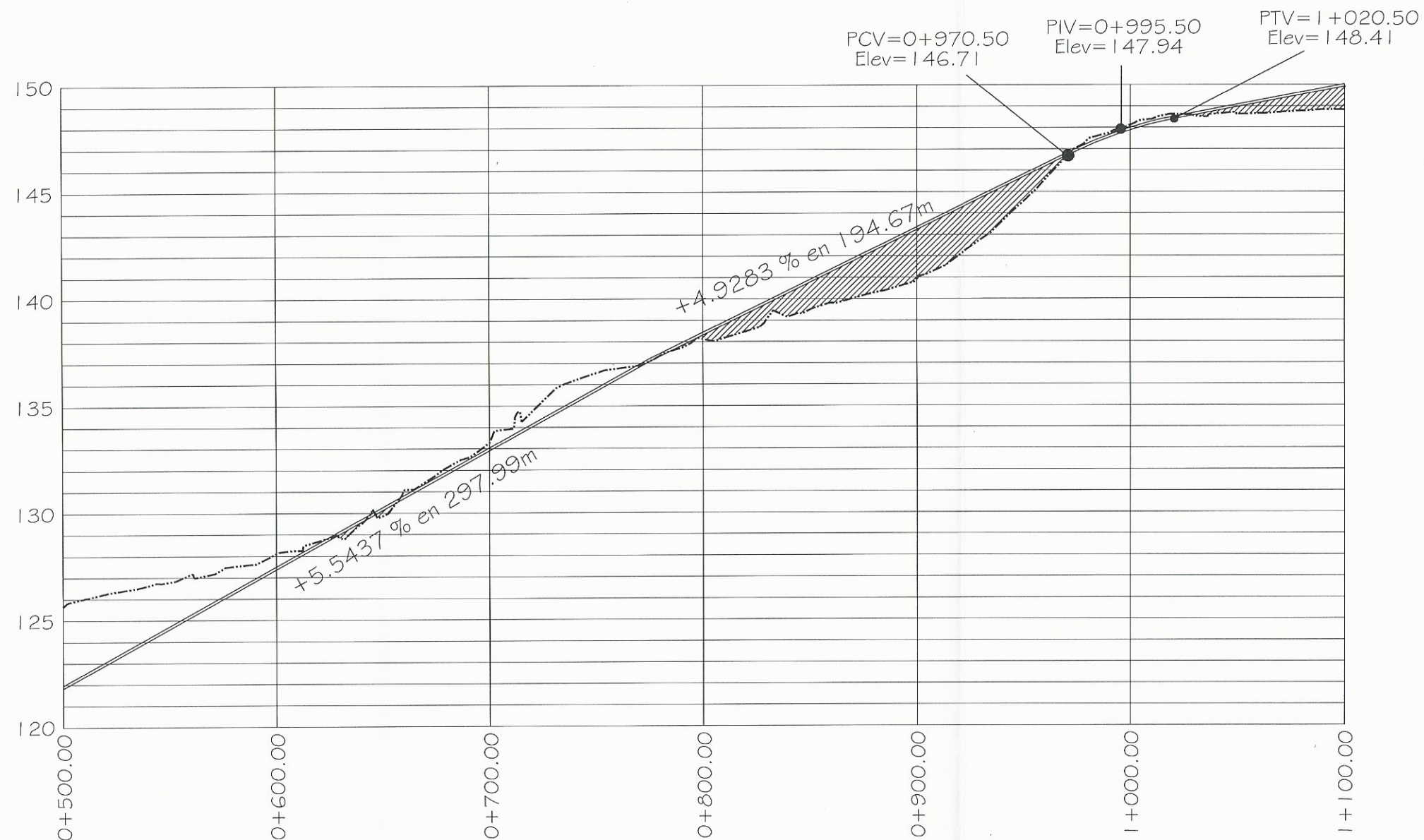
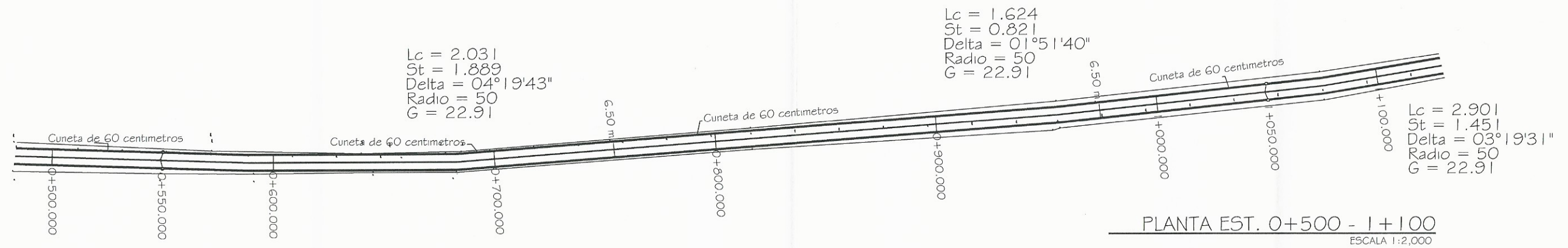


SIMBOLOGIA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	PRINCIPIO DE CURVA
St	PRINCIPIO DE CURVA
Δ	ÁNGULO DE DEFLEXIÓN
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
DT+L	DISEÑO TRANSVERSAL 1
—	LÍNEA CENTRAL
+	ESTACIÓN


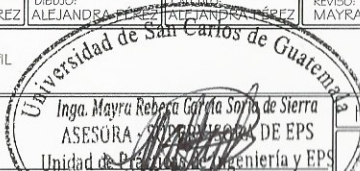
PERFIL EST. 0+000 - 0+500  
ESCALA HORIZONTAL 1:250  
ESCALA VERTICAL 1:25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	CÁLCULO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA
CONTENIDO: PLANTA PERFIL			
Inga. Mayra Robert García Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Ingeniería y EPS			HOJA
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			30

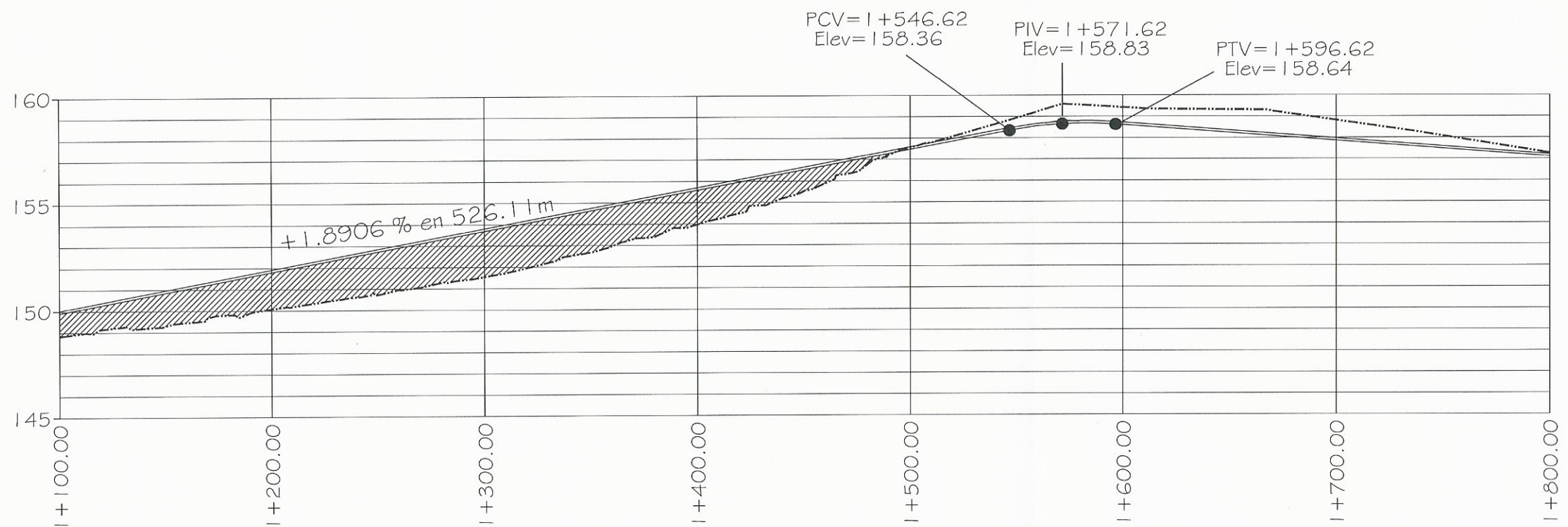
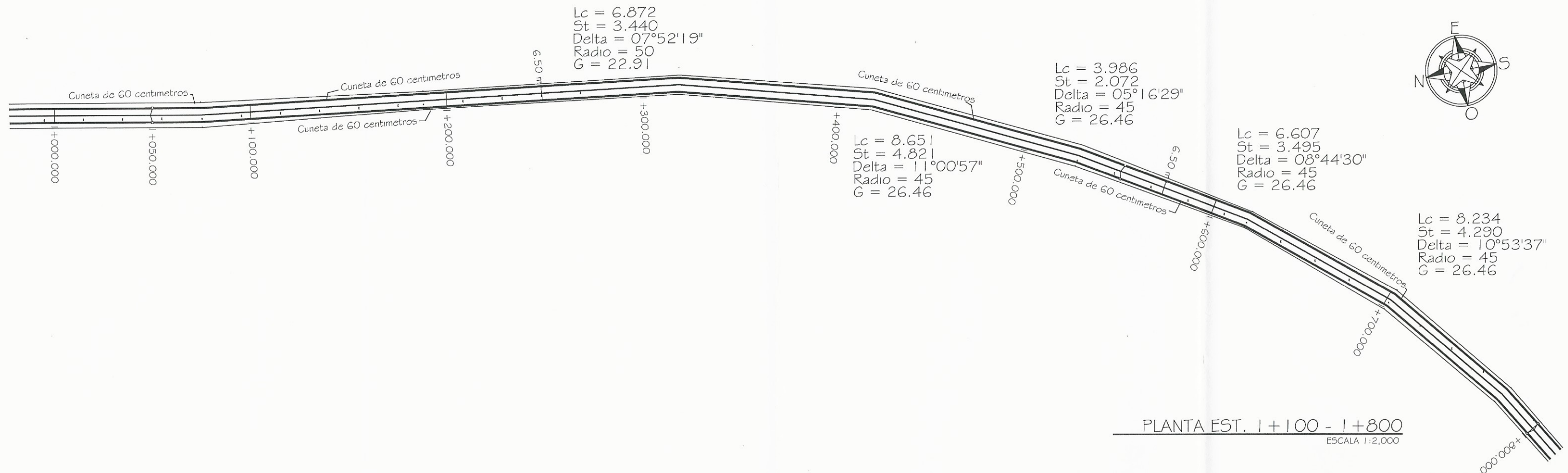




SIMBOLOGIA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	PRINCIPIO DE CURVA
St	PRINCIPIO DE CURVA
$\Delta$	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
DT-1	DRENAJE TRANSVERSAL
—	LINIA CENTRAL
+	ESTACION

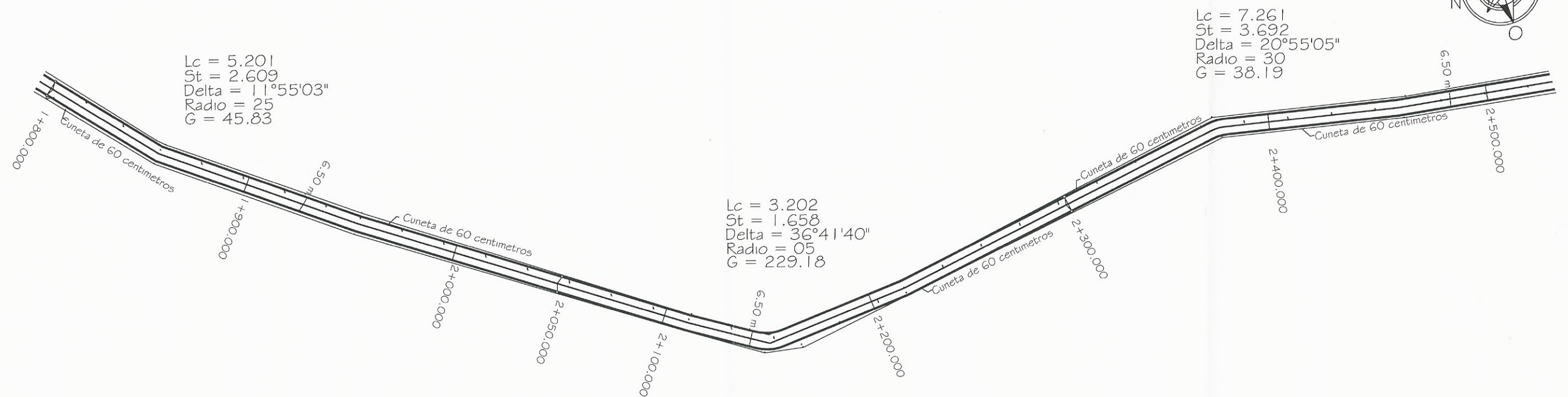
 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	
 Inga. Mayra Rebeca Cortés Sorja de Sierra ASESORA / ASISTENTE DE EPS Unidad de Planeación, Ingeniería y EPS MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	



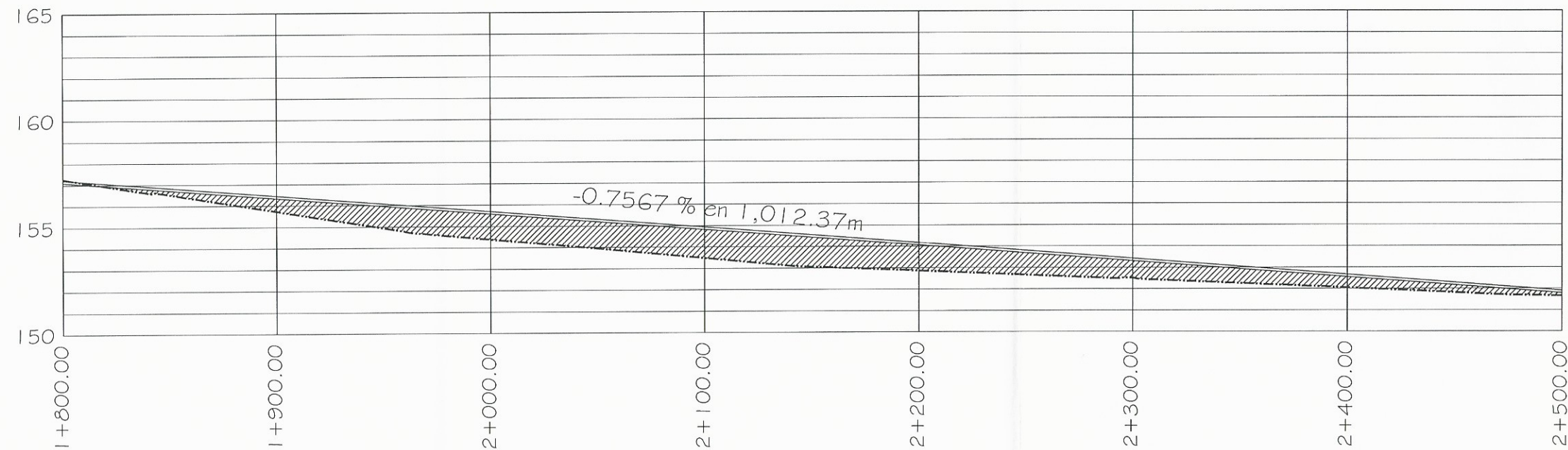


SIMBOLOGIA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	PRINCIPIO DE CURVA
St	PRINCIPIO DE CURVA
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
DT-1	DRENAJE TRANSVERSAL 1
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	
Inga. Mayra Gracia Soria de Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Ingeniería y EPS MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	


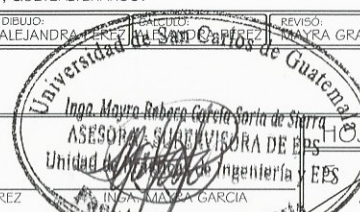


PLANTA EST. 1+800 - 2+500  
ESCALA 1:2,000

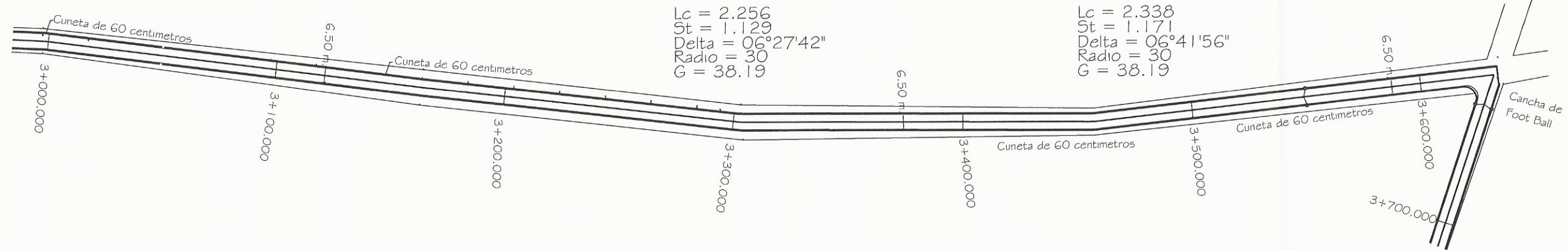


PERFIL EST. 1+800 - 2+500  
ESCALA HORIZONTAL 1:250  
ESCALA VERTICAL 1:25

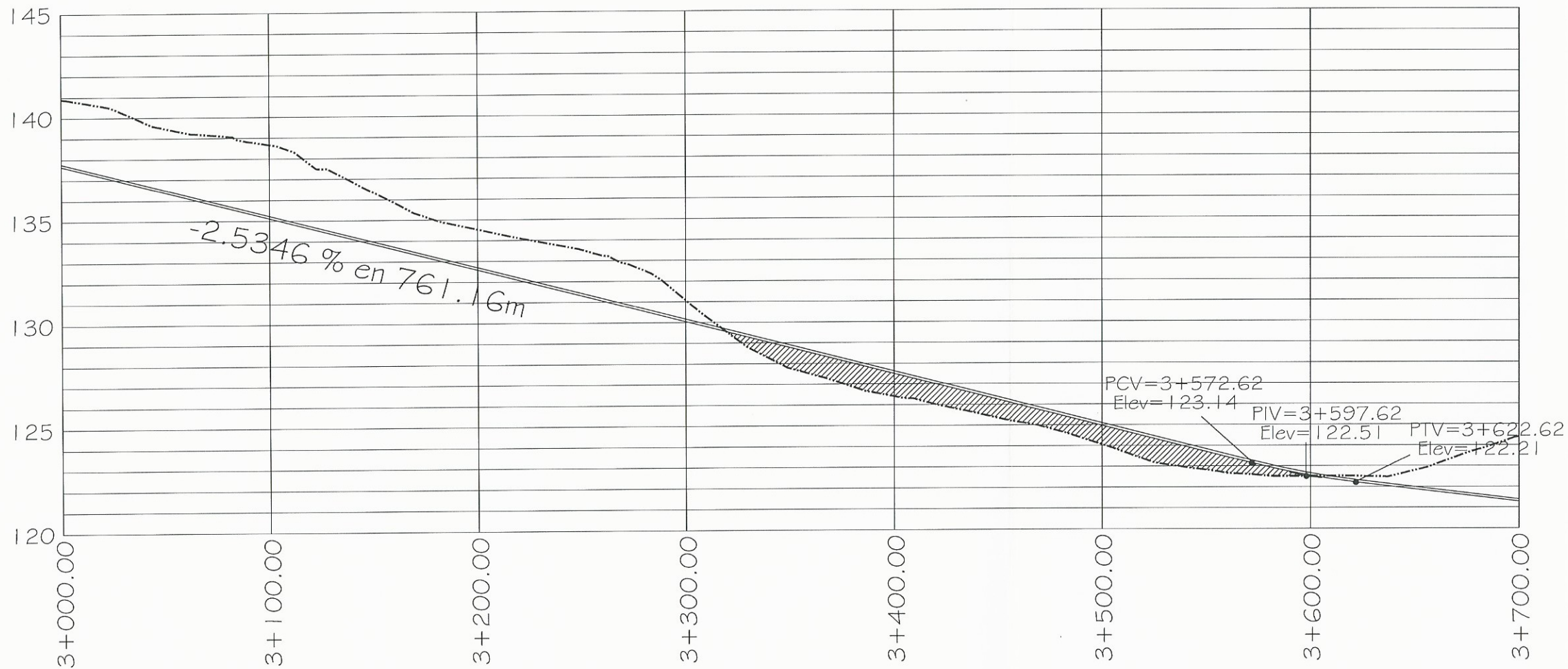
SIMBOLOGIA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	PRINCIPIO DE CURVA
St	PRINCIPIO DE CURVA
$\Delta$	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
DT	DISEÑO TRANSVERSAL
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	
 Inga. Mayra Roberto Corales Sorla de Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Ingeniería y EES	
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	





PLANTA EST. 3+000 - 3+700  
ESCALA 1:2,000

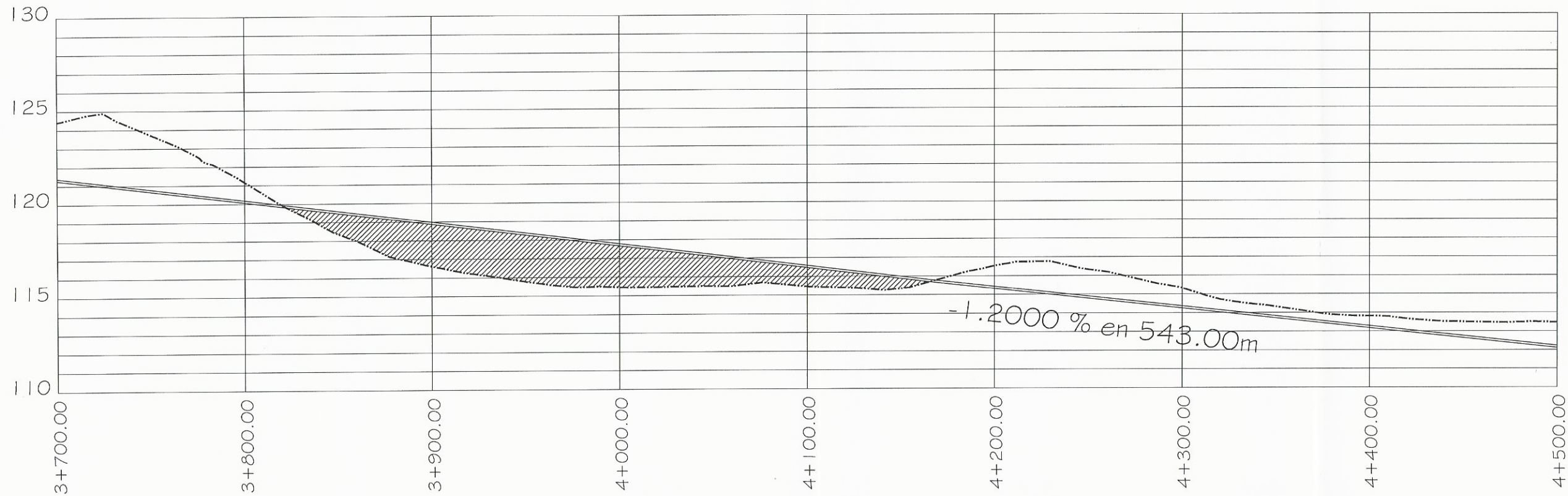


PERFIL EST. 3+000 - 3+700  
ESCALA HORIZONTAL 1:250  
ESCALA VERTICAL 1:25

SIMBOLOGIA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	PRINCIPIO DE CURVA
St	PRINCIPIO DE CURVA
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
DT-1	DISEÑO TRANSVERSAL 1
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Ingeniería y Tecnología	
MARÍA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	





PERFIL EST. 3+700 - 3+500

ESCALA HORIZONTAL 1:250  
ESCALA VERTICAL 1:25

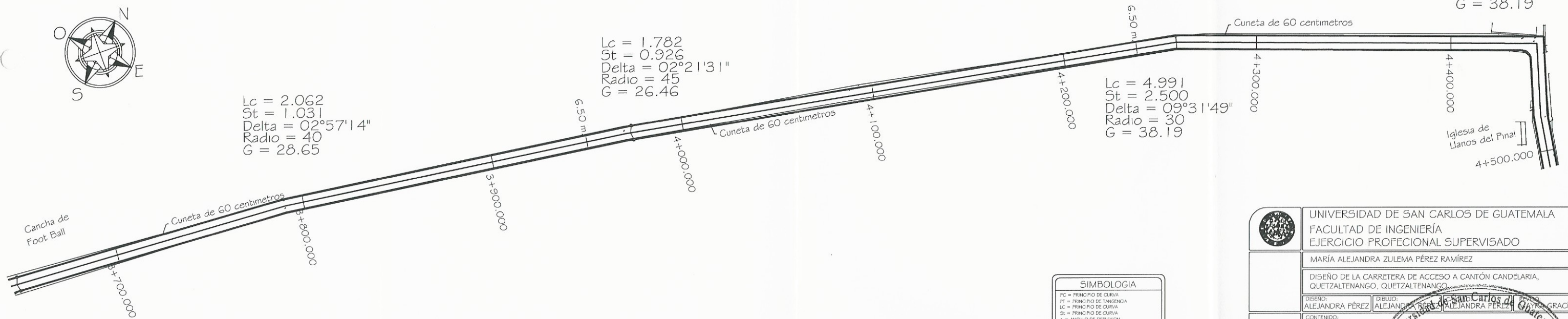
$L_c = 3.795$   
 $St = 1.903$   
 $\Delta = 10^\circ 52' 16''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$



$L_c = 2.062$   
 $St = 1.031$   
 $\Delta = 02^\circ 57' 14''$   
 $Radio = 40$   
 $G = 28.65$

$L_c = 1.782$   
 $St = 0.926$   
 $\Delta = 02^\circ 21' 31''$   
 $Radio = 45$   
 $G = 26.46$

$L_c = 4.991$   
 $St = 2.500$   
 $\Delta = 09^\circ 31' 49''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$

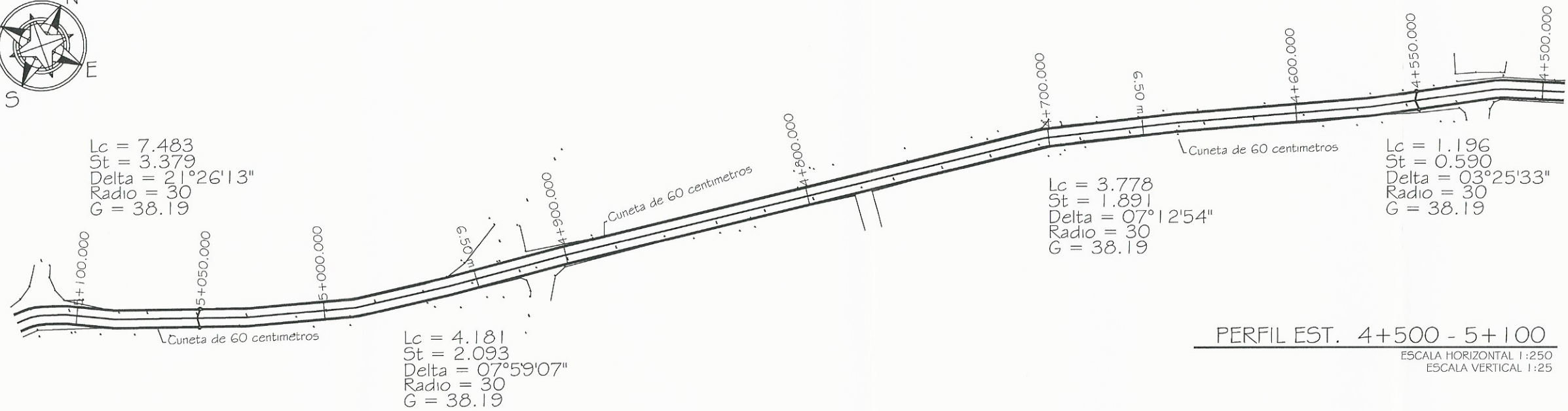


PLANTA EST. 3+700 - 4+500

ESCALA 1:2,000

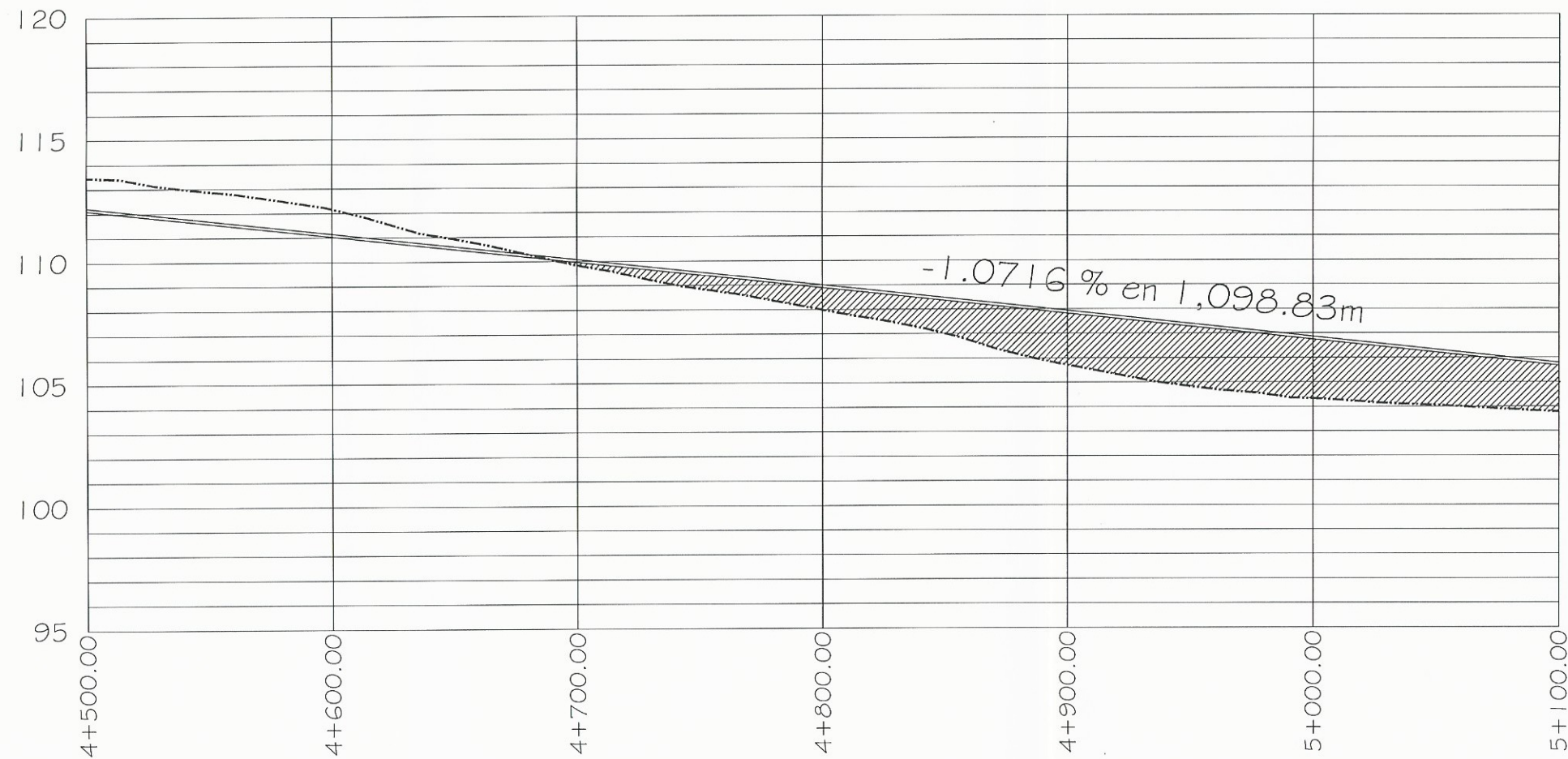
SIMBOLOGIA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	PRINCIPIO DE CURVA
SE	PRINCIPIO DE CURVA
A	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
DT	DRENAJE TRANSVERSAL
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	
Inga Mayra Bebeca Cayula Sarla de Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Ingeniería	
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	
30	



PERFIL EST. 4+500 - 5+100

ESCALA HORIZONTAL 1:250  
ESCALA VERTICAL 1:25



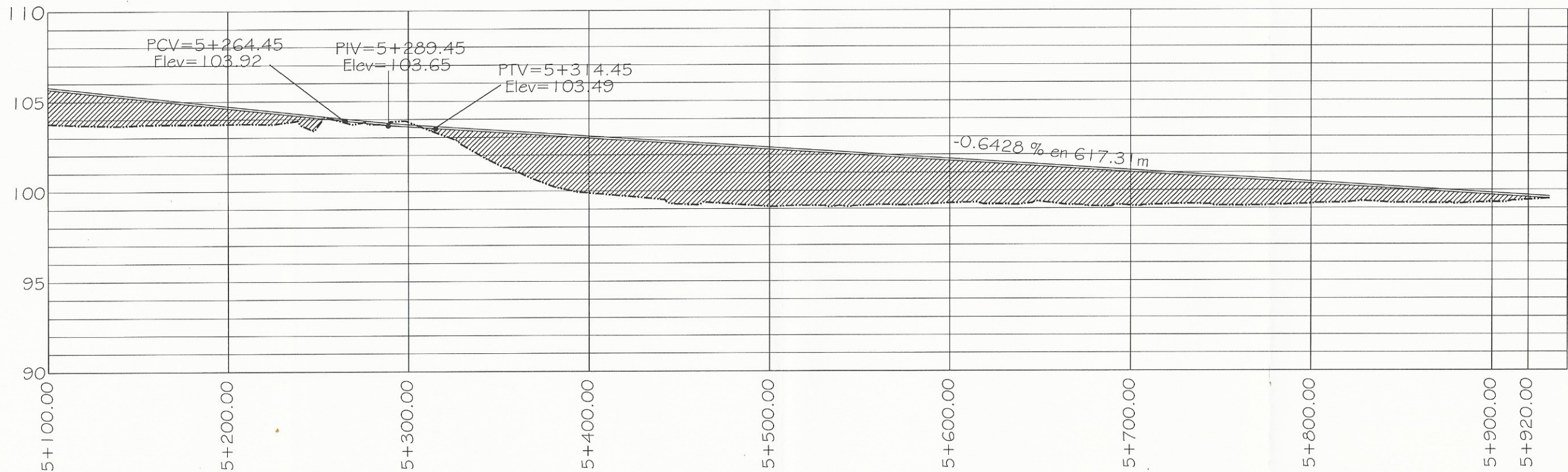
SIMBOLOGÍA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	PRINCIPIO DE CURVA
St	PRINCIPIO DE CURVA
a	ÁNGULO DE DEFLEXIÓN
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
DT-1	DRENAJE TRANSVERSAL 1
—	LÍNEA CENTRAL
+	ESTACIÓN

PERFIL EST. 4+500 - 5+100

ESCALA HORIZONTAL 1:250  
ESCALA VERTICAL 1:25

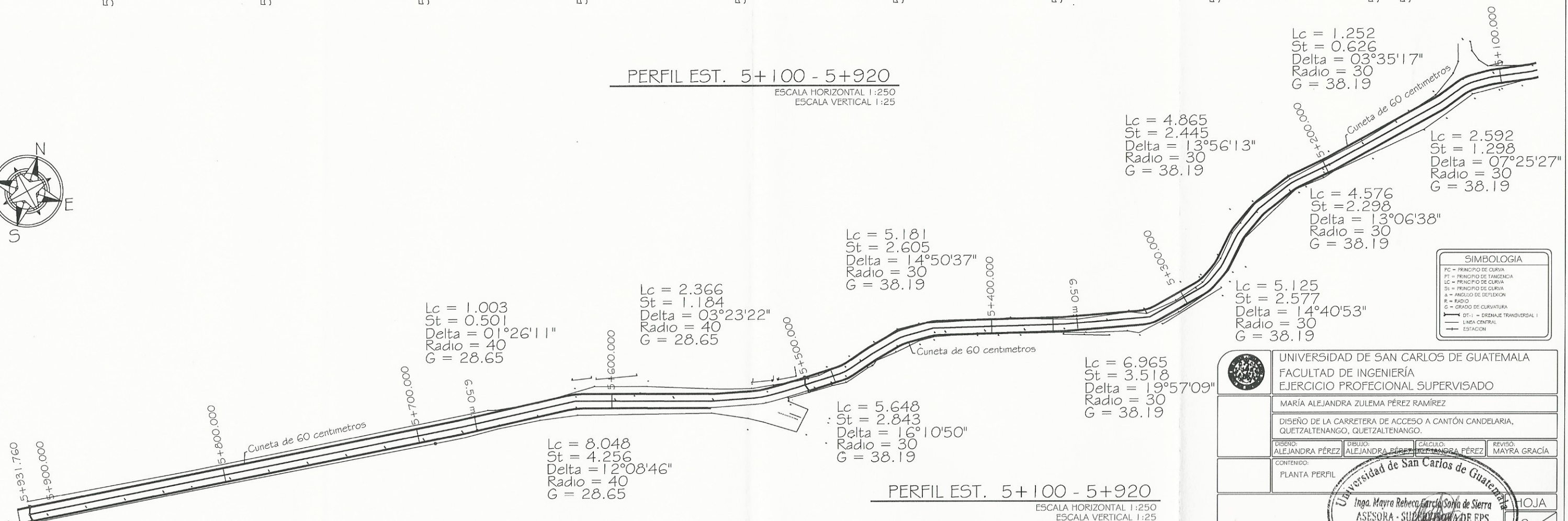
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	
ING. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Planeación Ingeniería y EPS	
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	





PERFIL EST. 5+100 - 5+920

ESCALA HORIZONTAL 1:250  
ESCALA VERTICAL 1:25



PERFIL EST. 5+100 - 5+920

ESCALA HORIZONTAL 1:250  
ESCALA VERTICAL 1:25

$L_c = 1.252$   
 $St = 0.626$   
 $\Delta = 03^{\circ}35'17''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$

$L_c = 4.865$   
 $St = 2.445$   
 $\Delta = 13^{\circ}56'13''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$

$L_c = 2.592$   
 $St = 1.298$   
 $\Delta = 07^{\circ}25'27''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$

$L_c = 4.576$   
 $St = 2.298$   
 $\Delta = 13^{\circ}06'38''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$

$L_c = 5.125$   
 $St = 2.577$   
 $\Delta = 14^{\circ}40'53''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$

$L_c = 6.965$   
 $St = 3.518$   
 $\Delta = 19^{\circ}57'09''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$

$L_c = 5.648$   
 $St = 2.843$   
 $\Delta = 16^{\circ}10'50''$   
 $Radio = 30$   
 $G = 38.19$

$L_c = 8.048$   
 $St = 4.256$   
 $\Delta = 12^{\circ}08'46''$   
 $Radio = 40$   
 $G = 28.65$

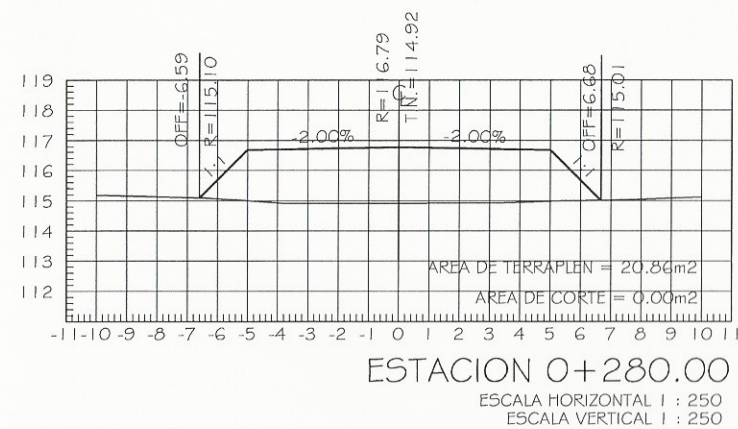
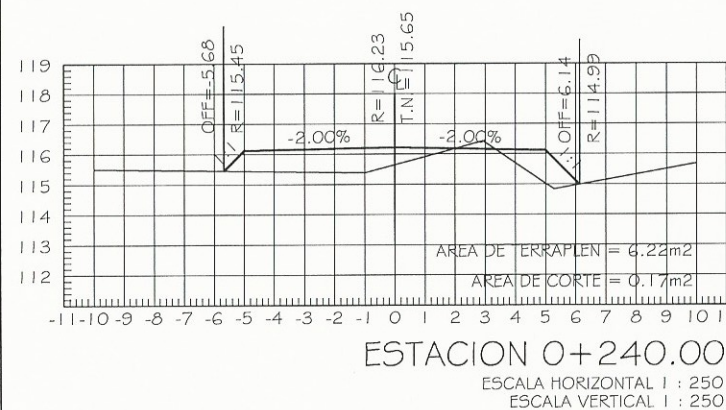
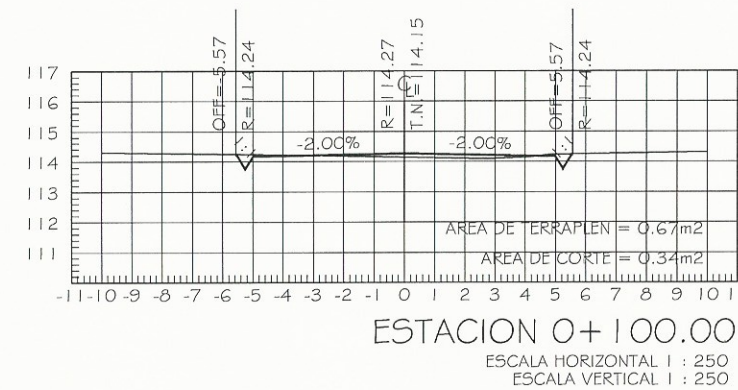
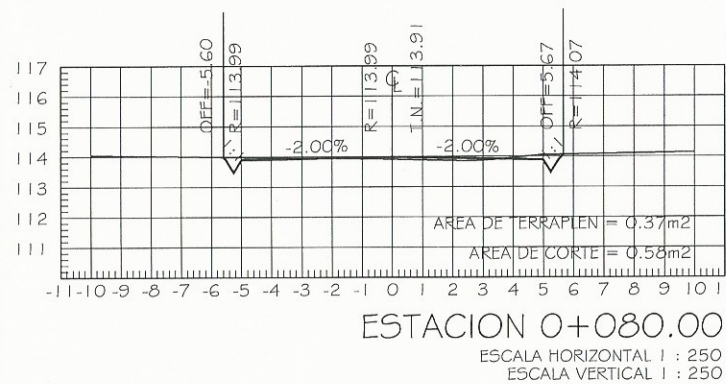
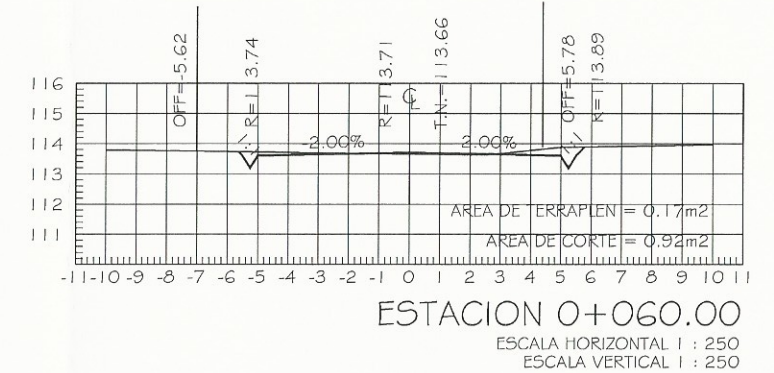
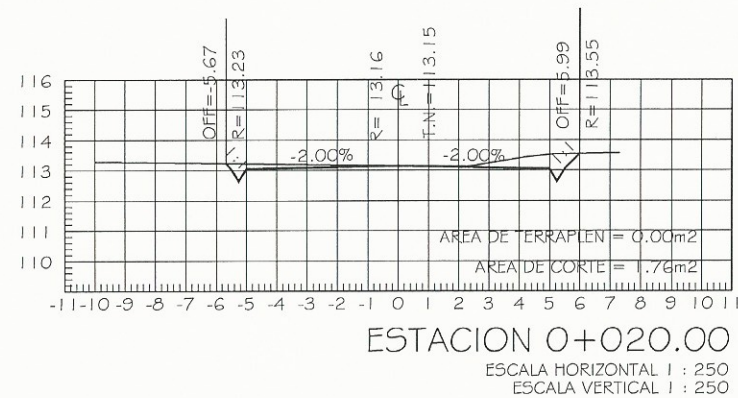
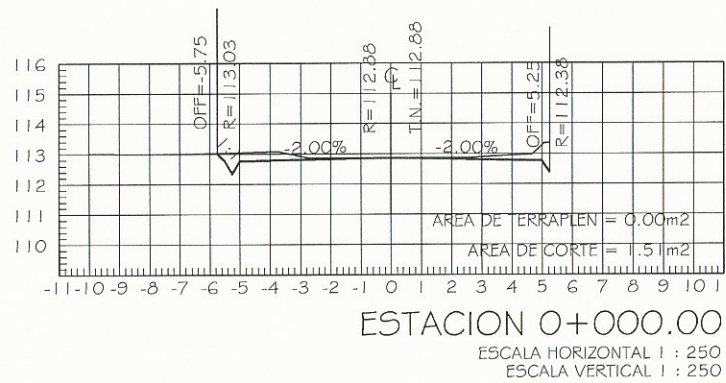
$L_c = 2.366$   
 $St = 1.184$   
 $\Delta = 03^{\circ}23'22''$   
 $Radio = 40$   
 $G = 28.65$


$L_c = 1.003$   
 $St = 0.501$   
 $\Delta = 01^{\circ}26'11''$   
 $Radio = 40$   
 $G = 28.65$

SIMBOLOGIA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	PRINCIPIO DE CURVA
St	PRINCIPIO DE CURVA
$\Delta$	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
DT-1	DRENAJE TRANSVERSAL 1
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

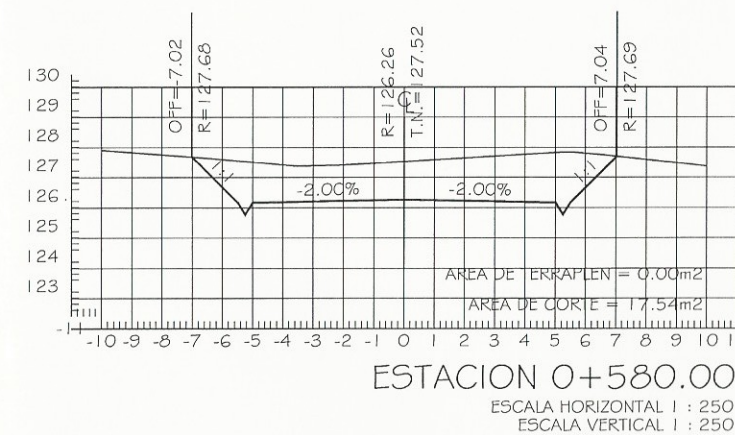
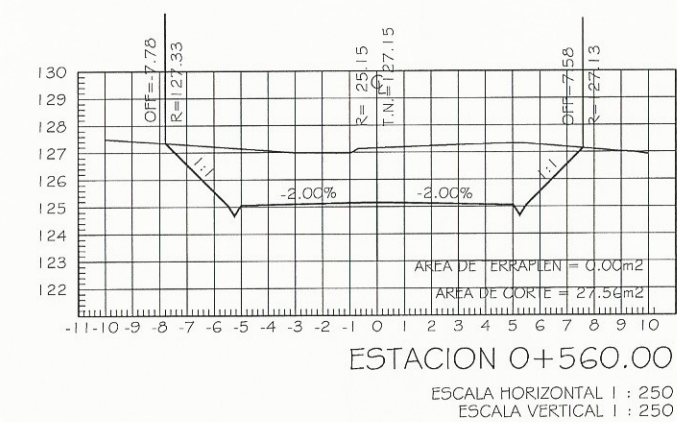
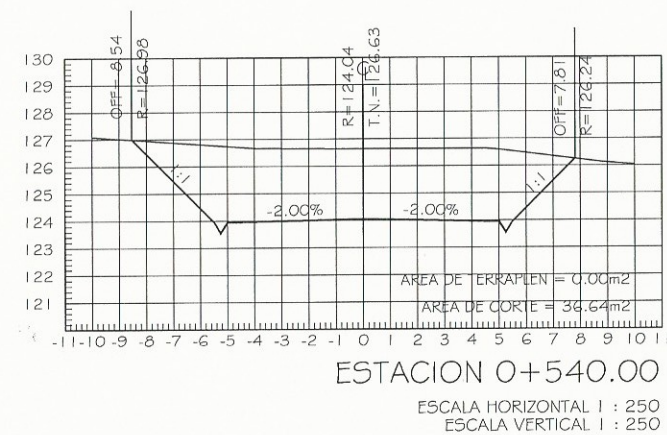
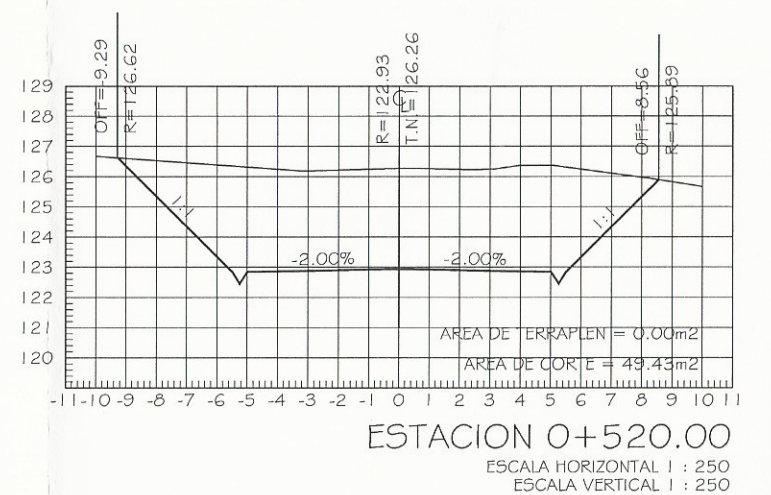
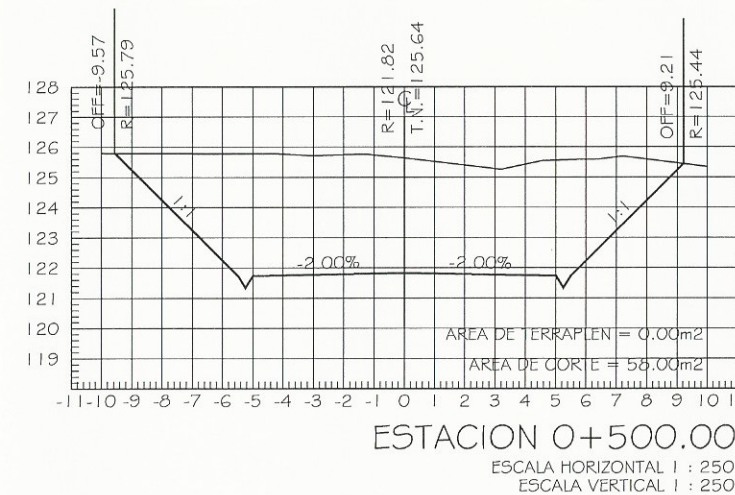
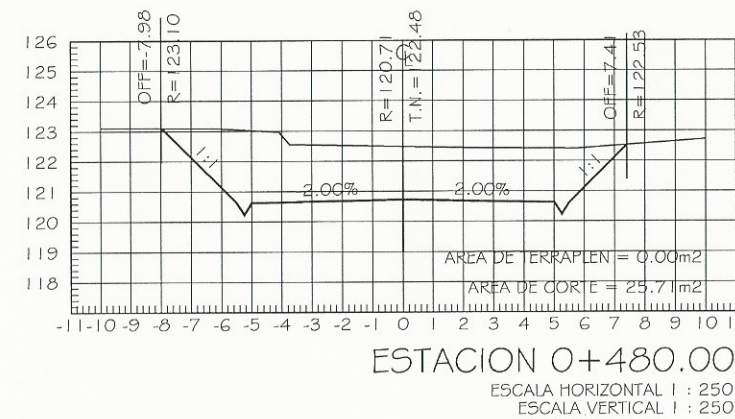
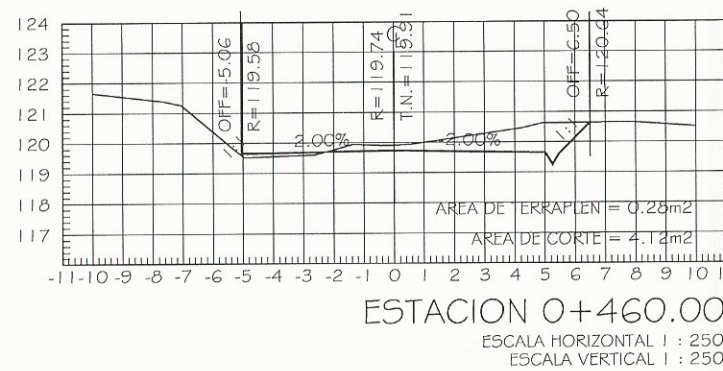
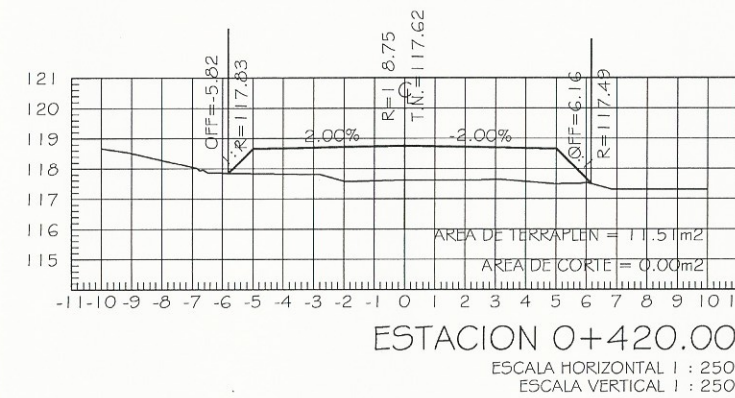
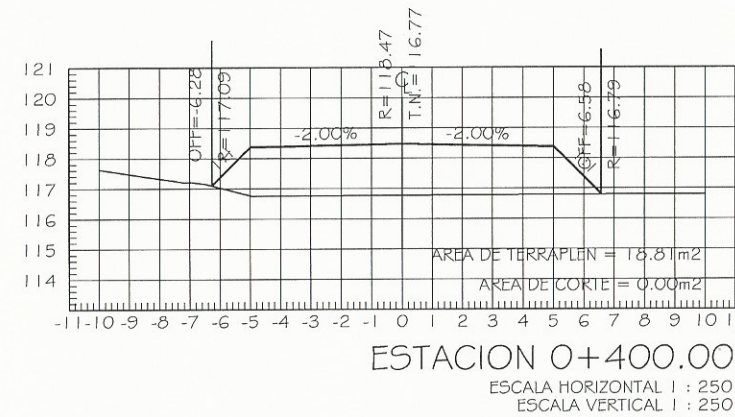
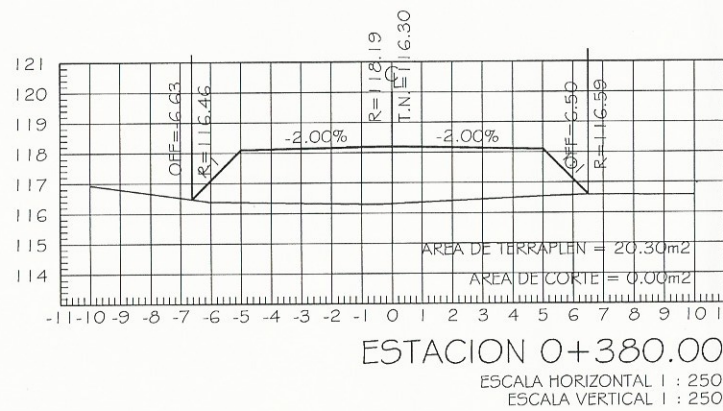
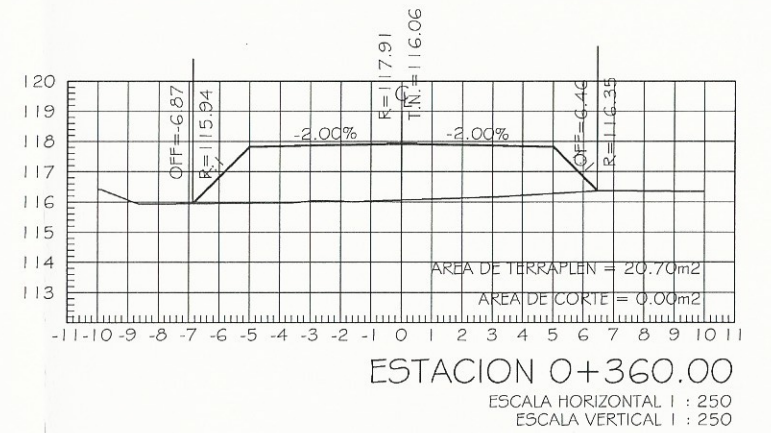
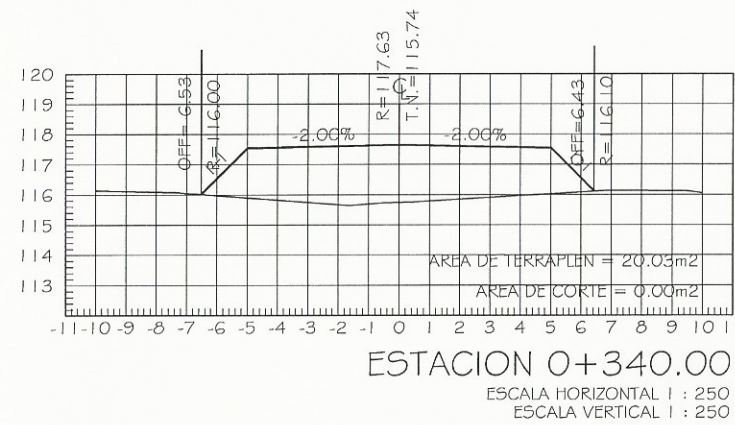
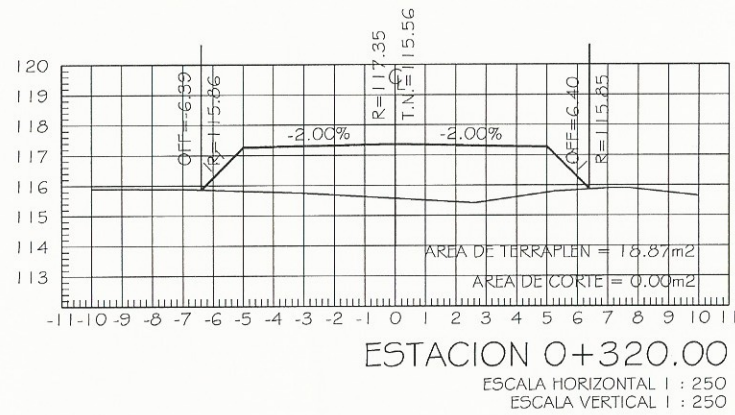
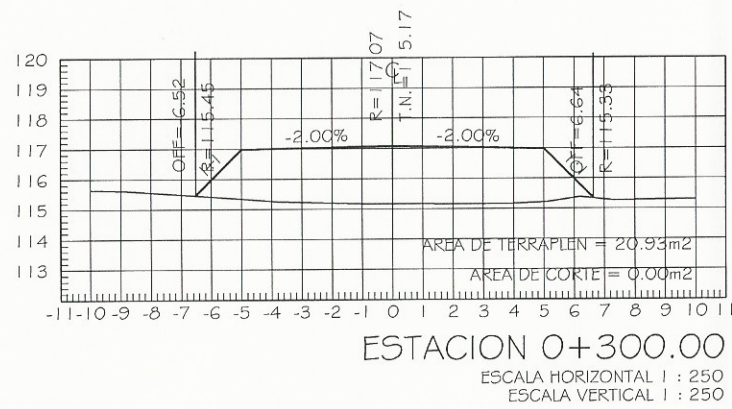
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARIA ALEJANDRA ZULEMA PEREZ RAMIREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO: ALEJANDRA PEREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PEREZ	CÁLCULO: ALEJANDRA PEREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA
CONTENIDO: PLANTA PERFIL			
Inga. Mayra Rebeca García Sorja de Sierra ASESORA - SUPLENTE DE EPS Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS			HOJA 0 30
MARIA ALEJANDRA Z. PEREZ RAMIREZ			






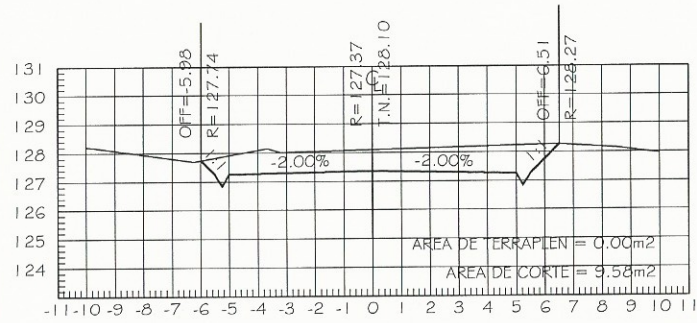
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ
REVISÓ: MAYRA GRACIA	
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS	
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	
HOJA 30	





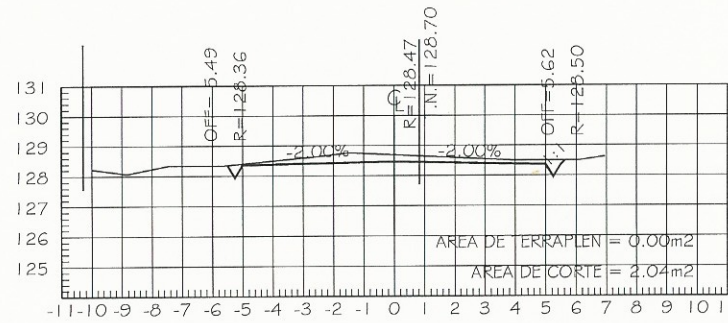
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	CÁLCULO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSAS			
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS			
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			HOJA 12 30





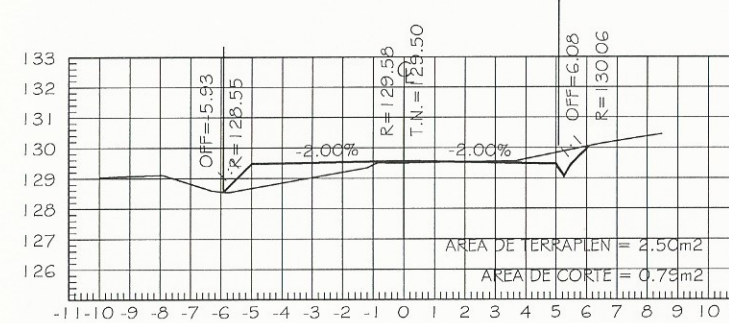
ESTACION 0+600.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



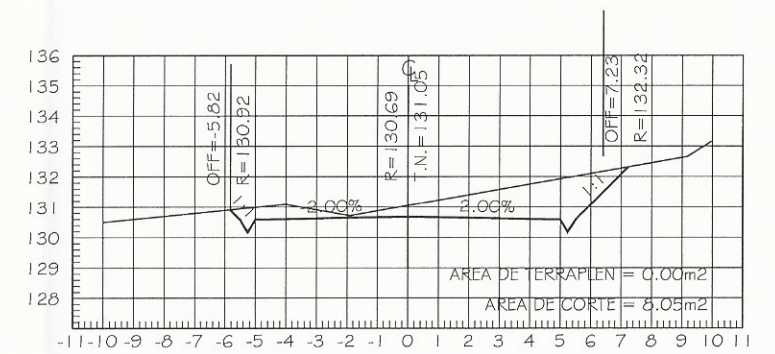
ESTACION 0+620.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



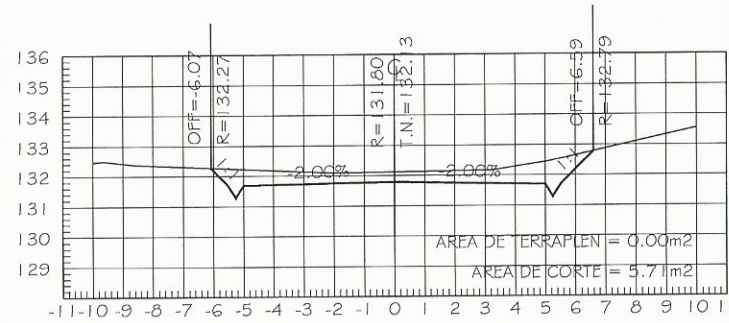
ESTACION 0+640.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



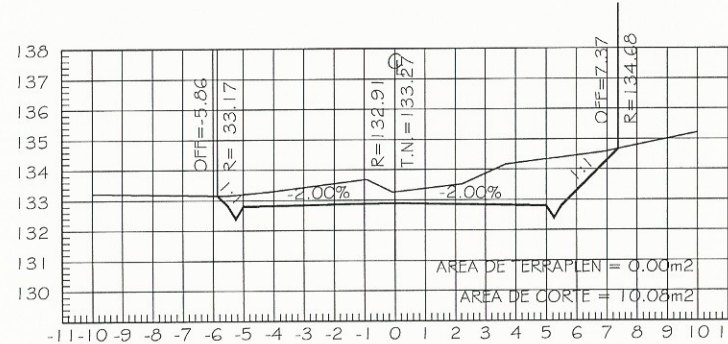
ESTACION 0+660.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



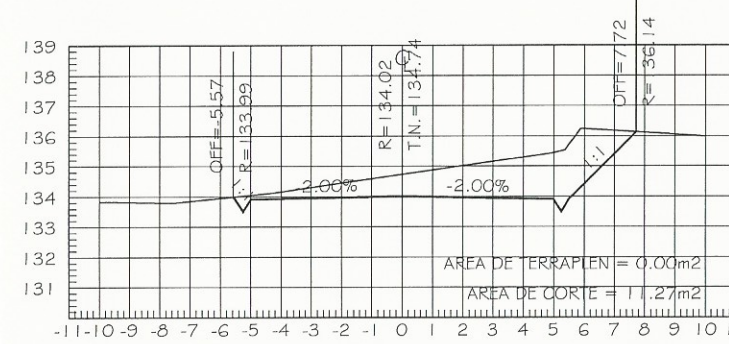
ESTACION 0+680.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



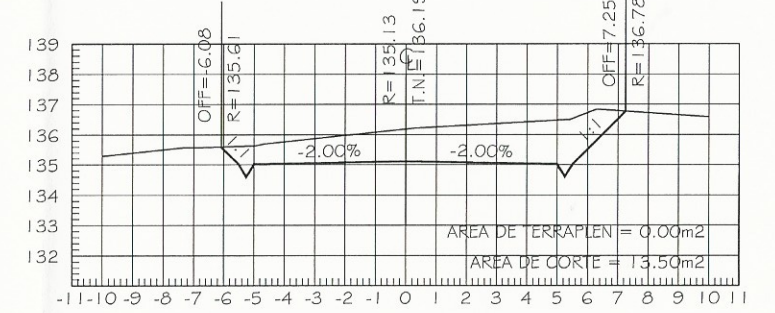
ESTACION 0+700.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



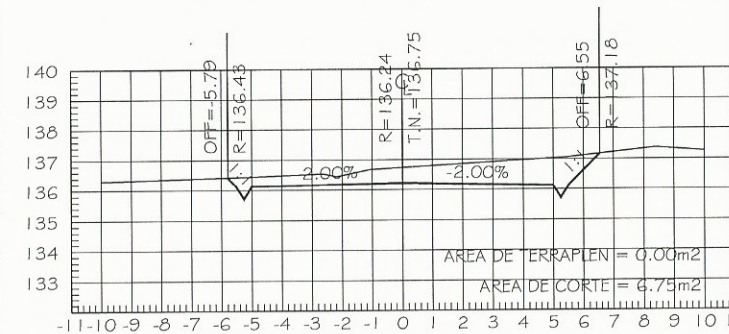
ESTACION 0+720.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



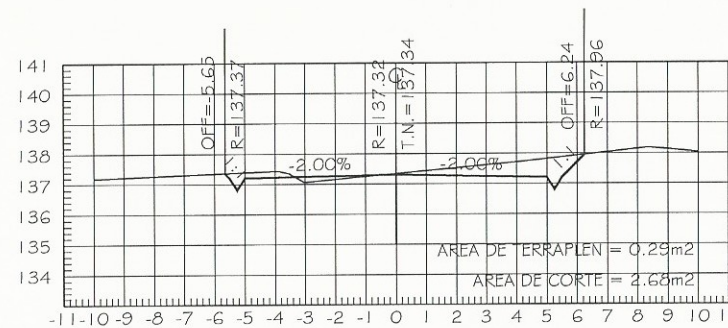
ESTACION 0+740.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



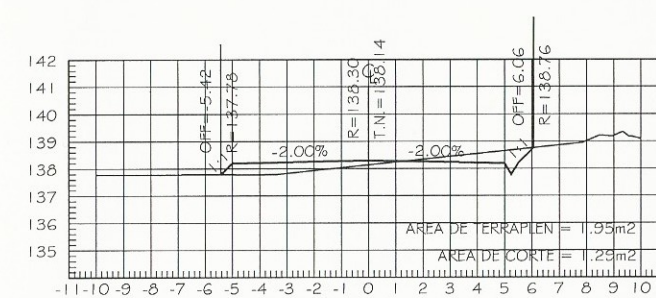
ESTACION 0+760.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



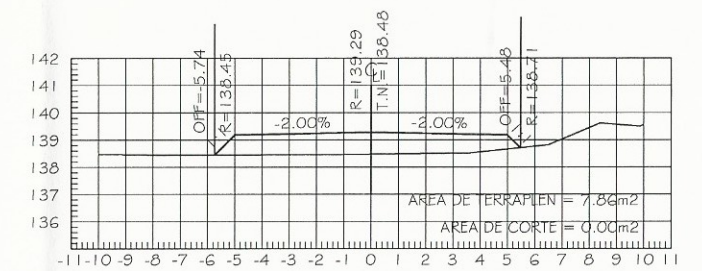
ESTACION 0+780.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



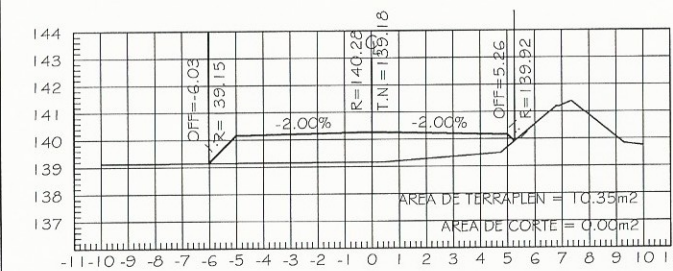
ESTACION 0+800.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



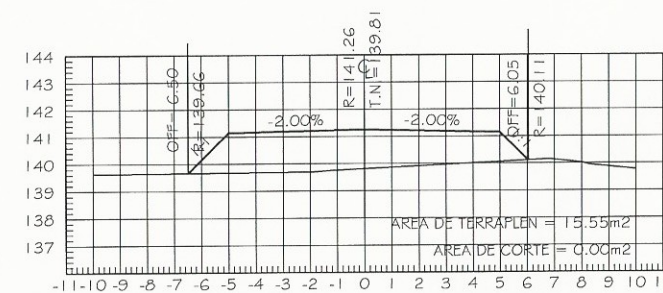
ESTACION 0+820.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



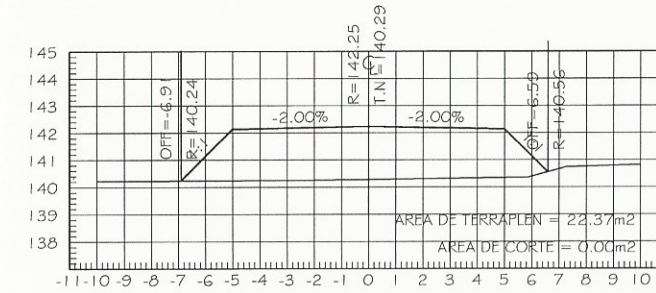
ESTACION 0+840.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250




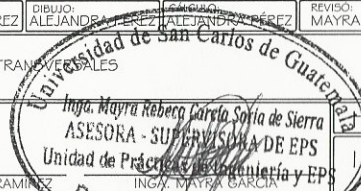
ESTACION 0+860.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250

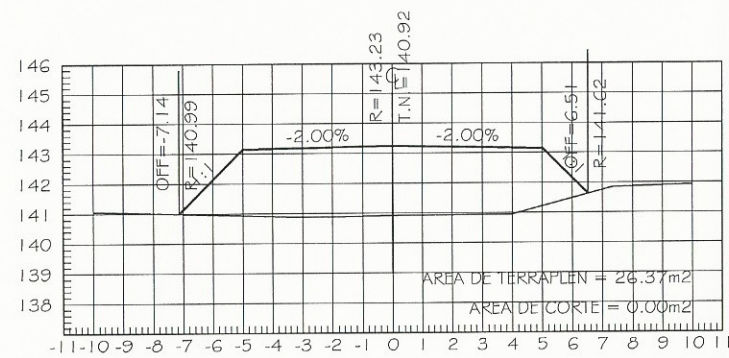


ESTACION 0+880.00

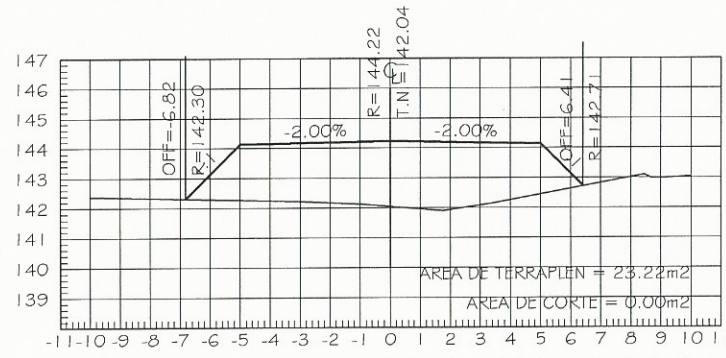
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA	
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
 Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			
			30





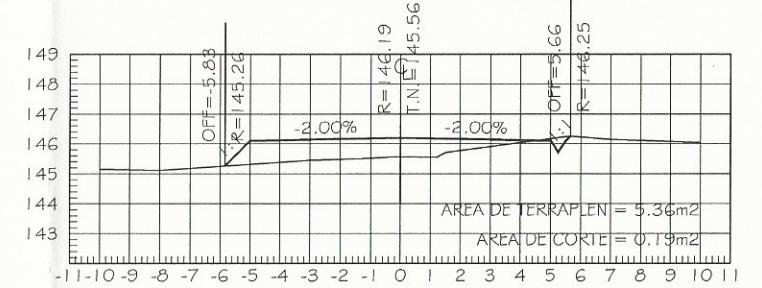
ESTACION 0+900.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



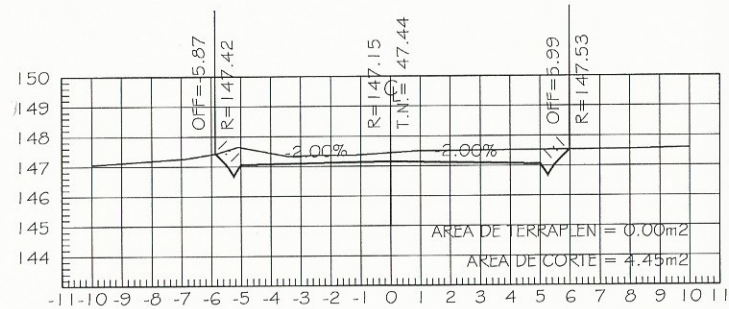
ESTACION 0+920.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



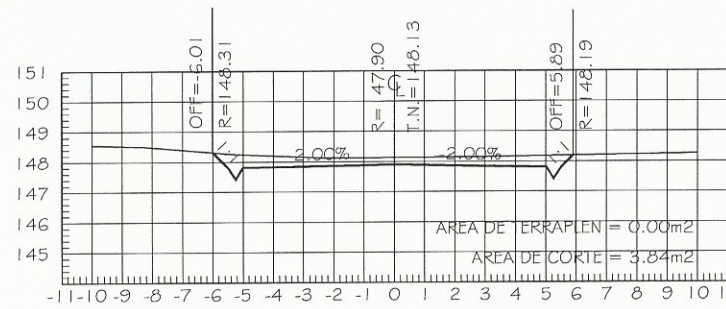
ESTACION 0+940.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



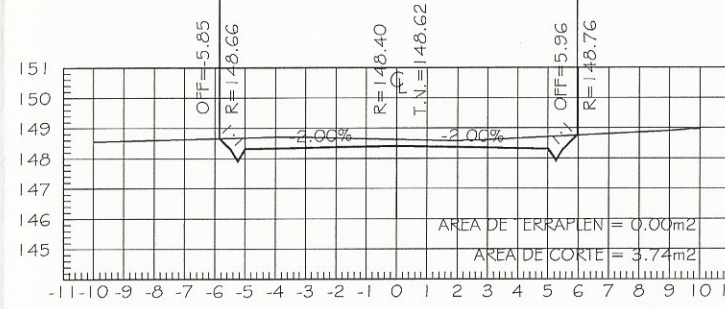
ESTACION 0+960.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



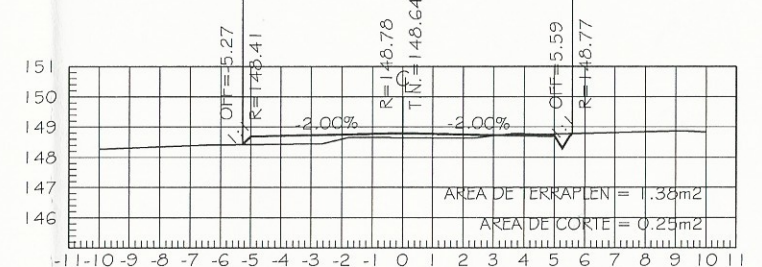
ESTACION 0+980.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



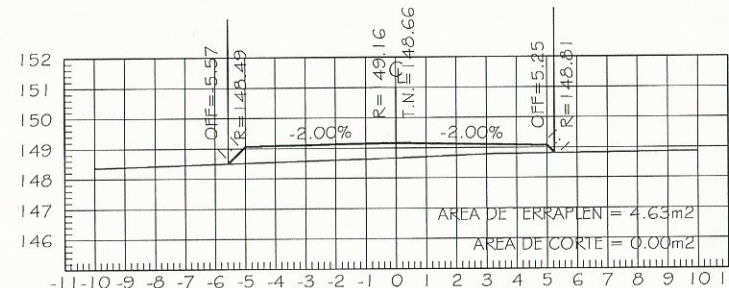
ESTACION 1+000.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



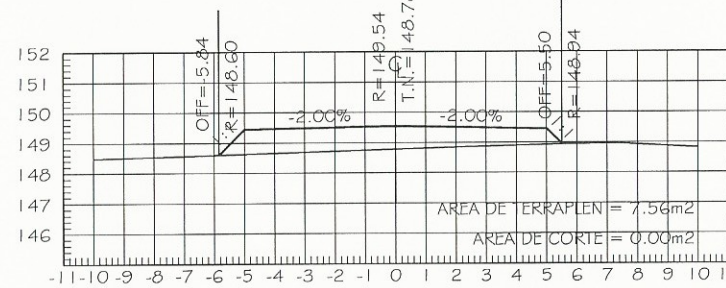
ESTACION 1+020.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



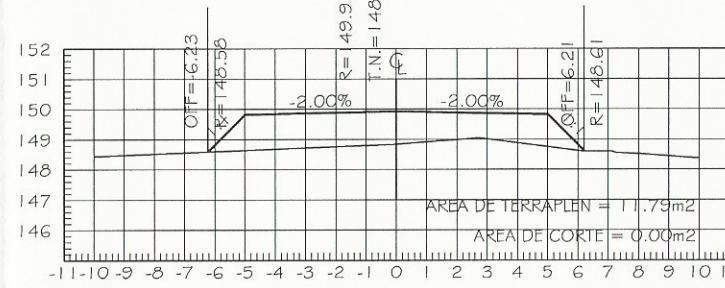
ESTACION 1+040.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



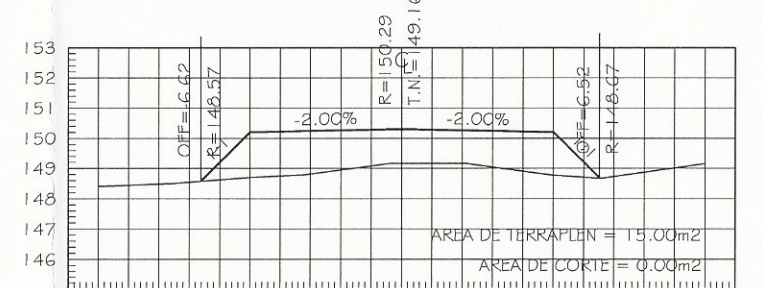
ESTACION 1+060.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



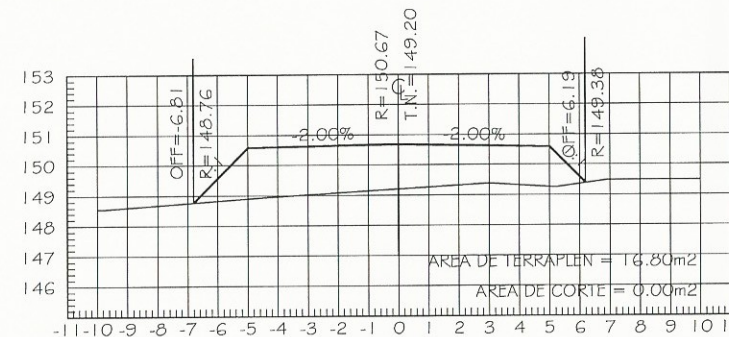
ESTACION 1+080.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



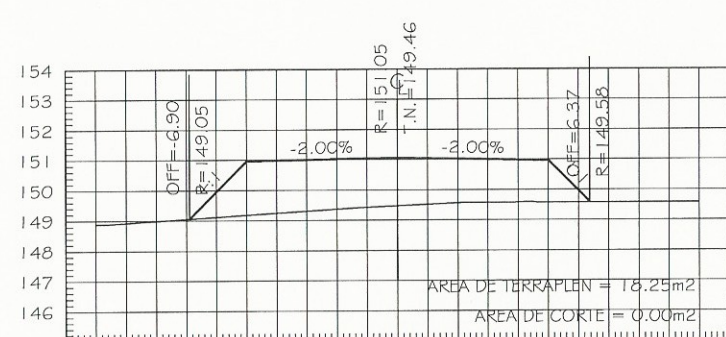
ESTACION 1+100.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



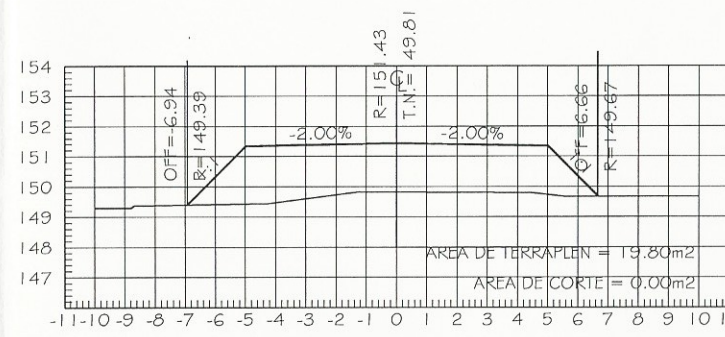
ESTACION 1+120.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250




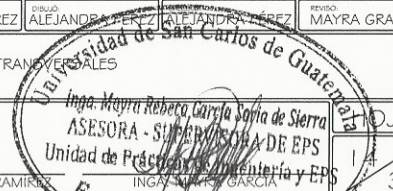
ESTACION 1+140.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



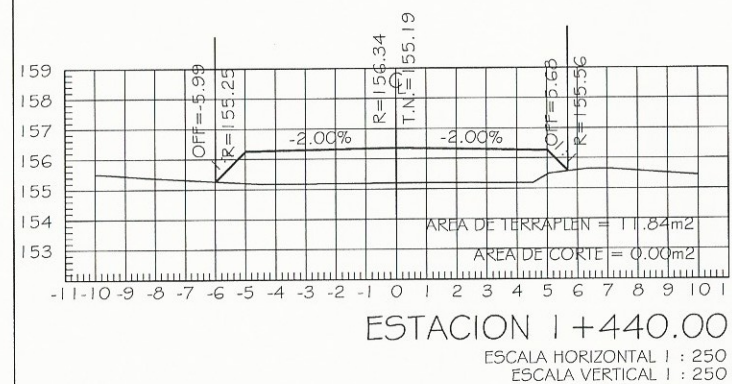
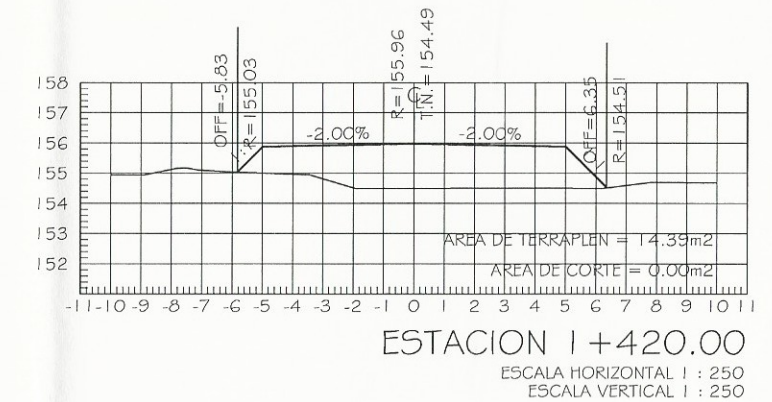
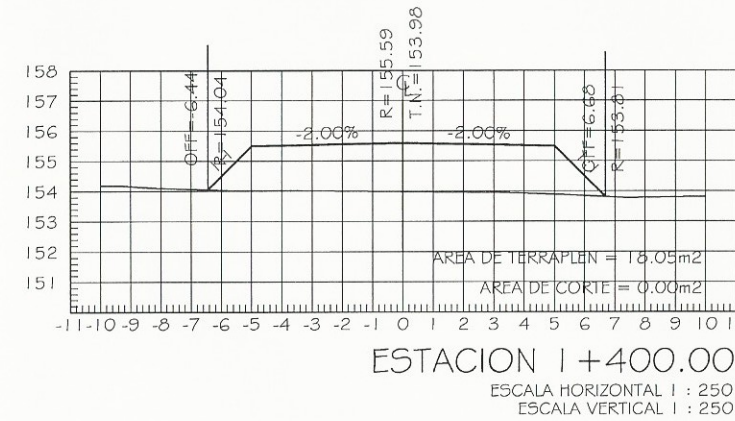
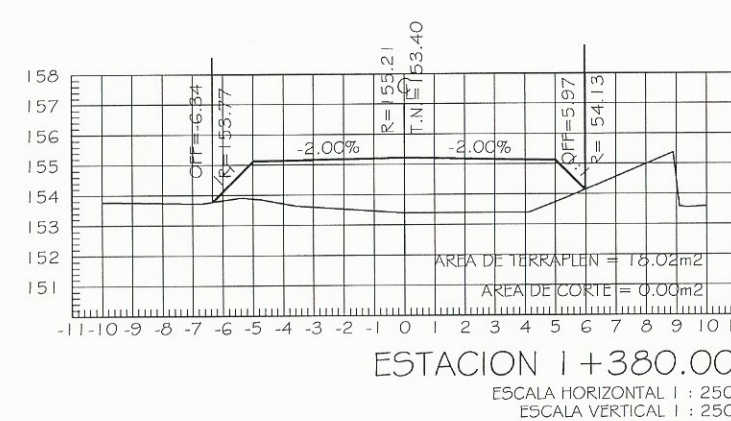
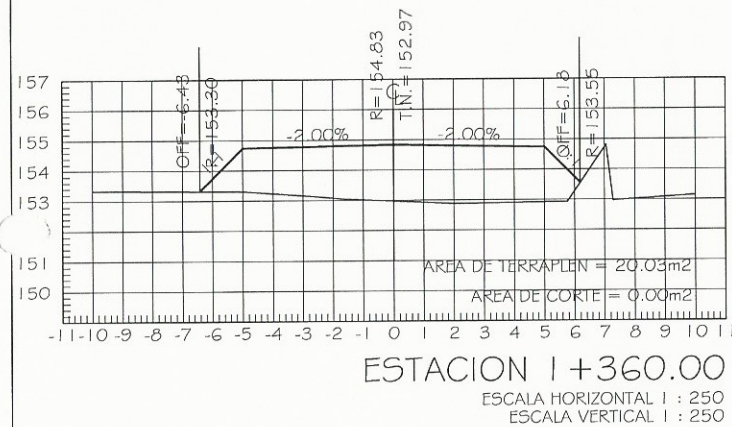
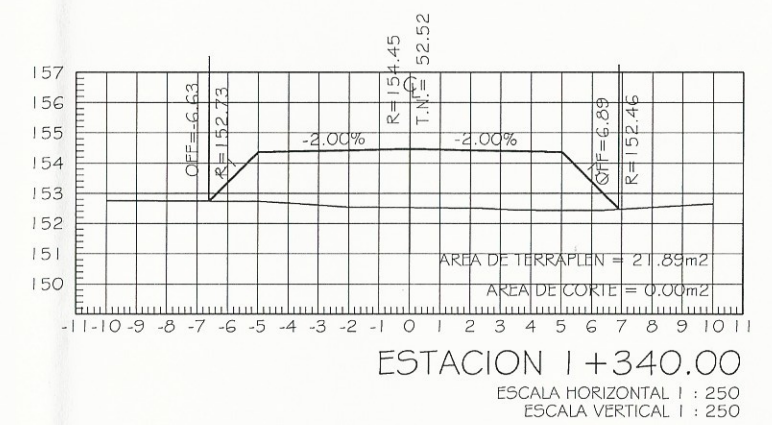
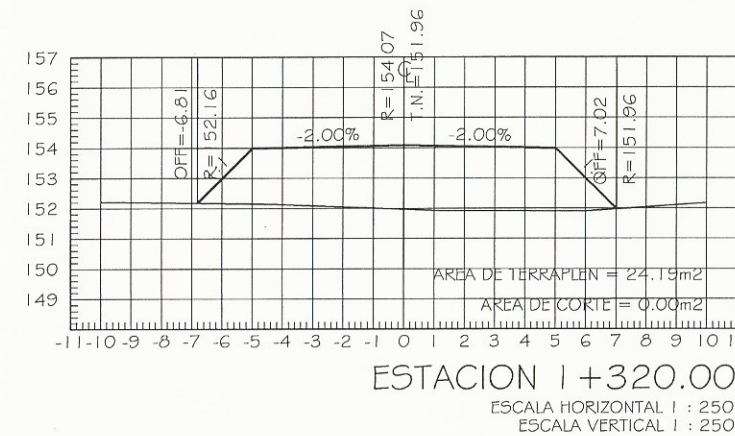
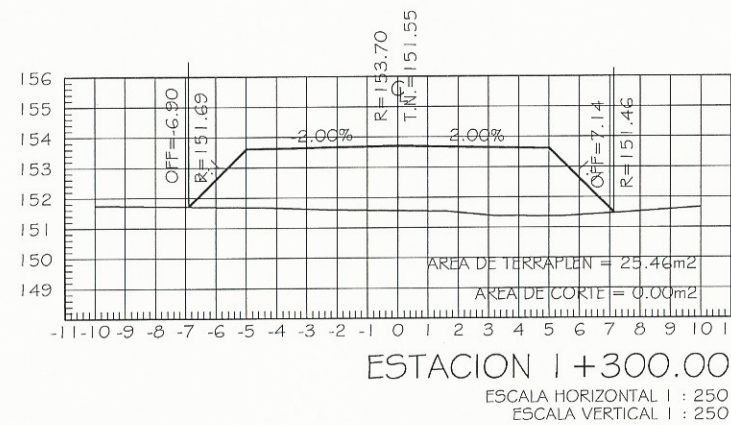
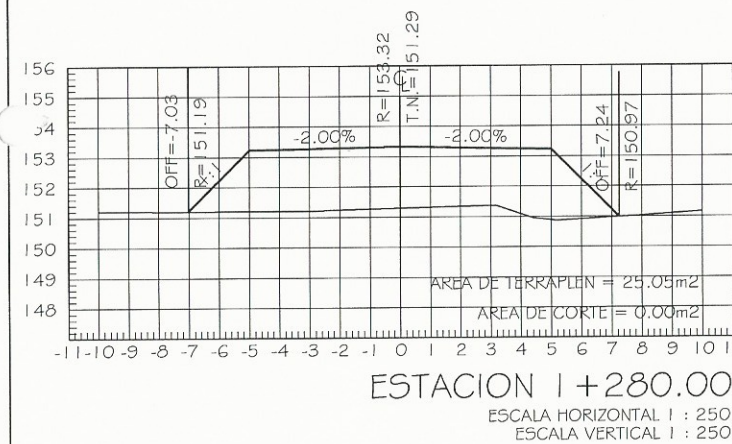
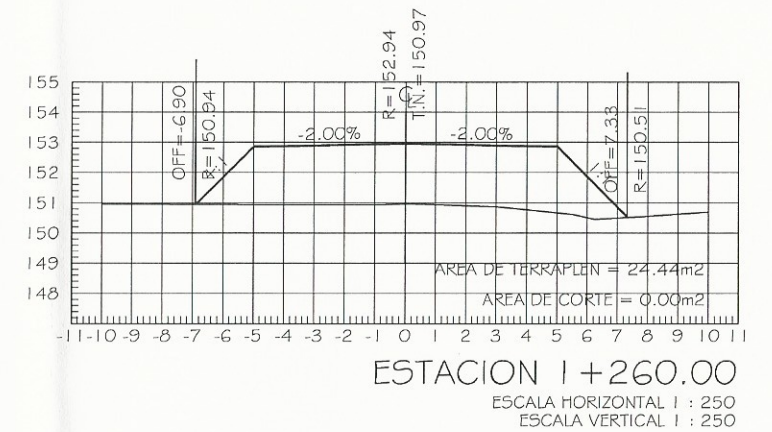
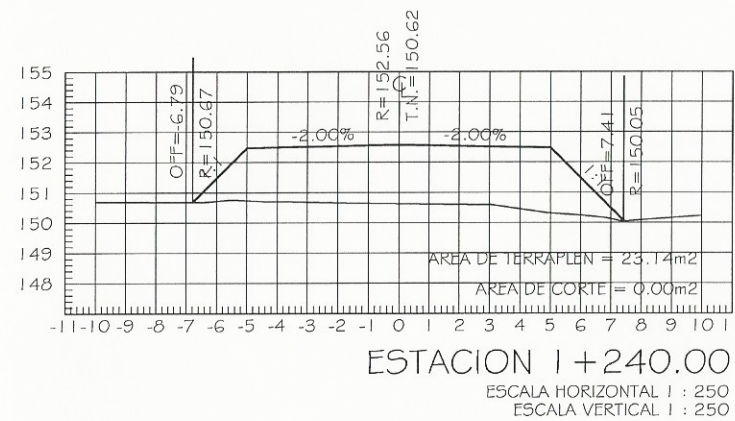
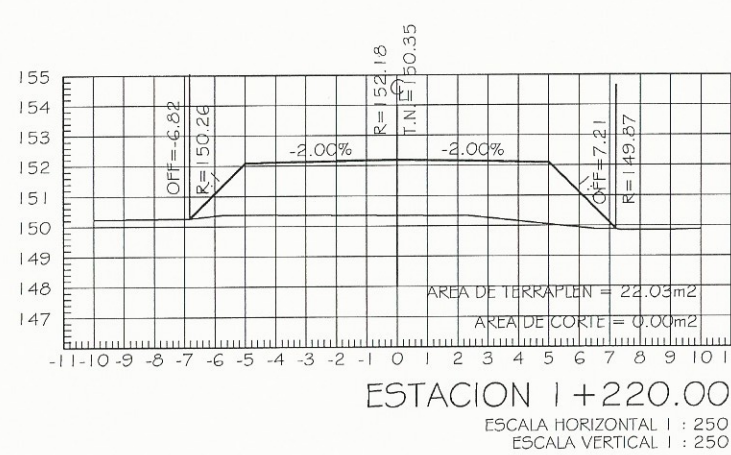
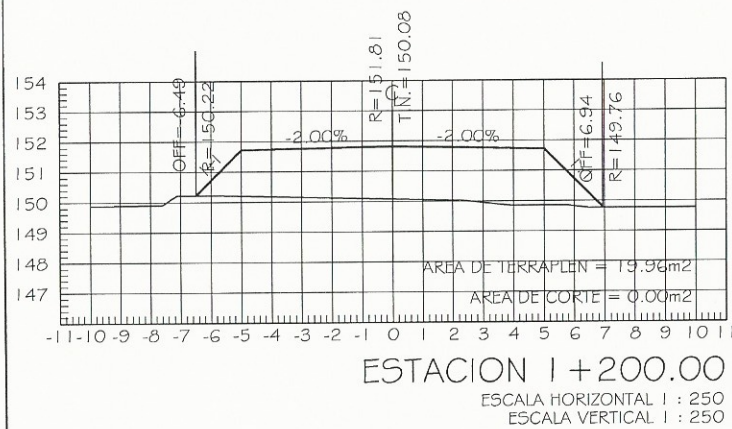
ESTACION 1+160.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250




ESTACION 1+180.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250

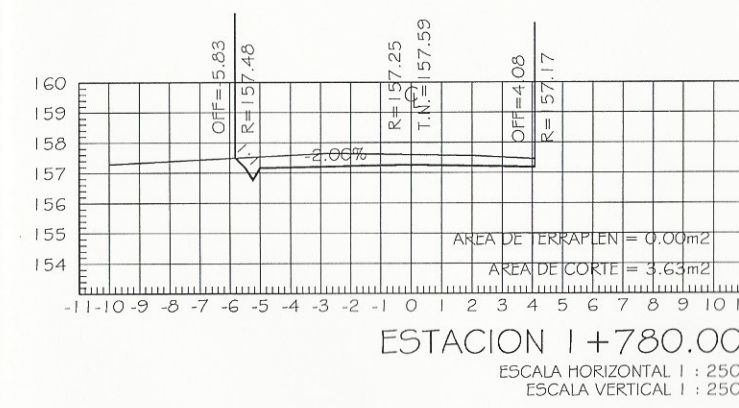
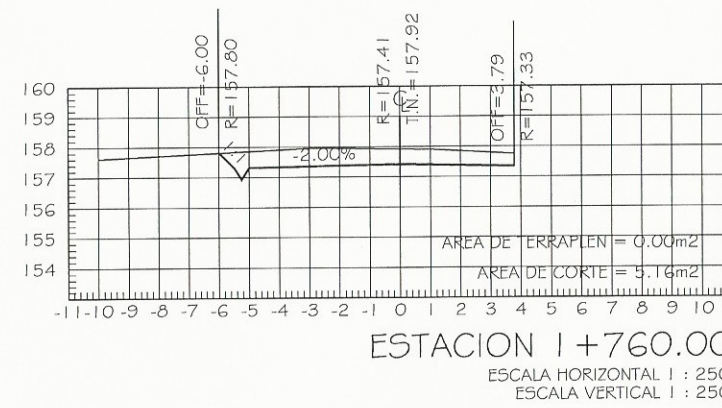
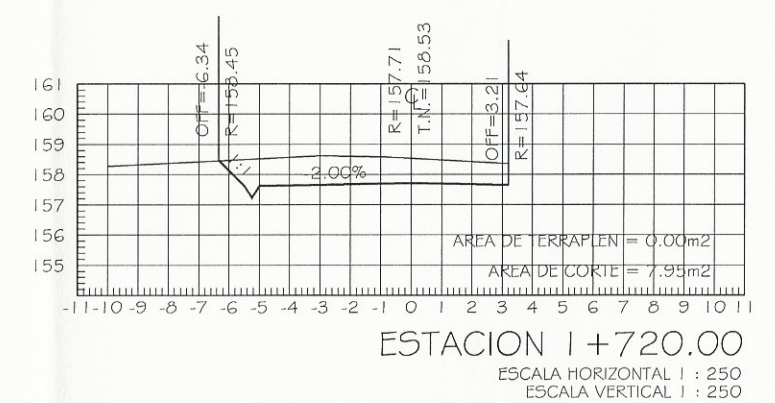
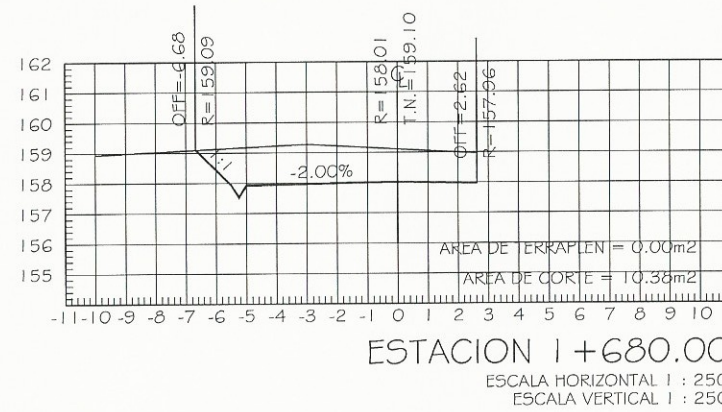
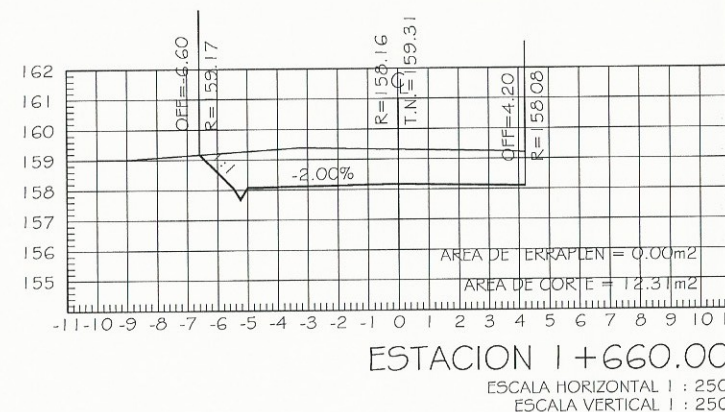
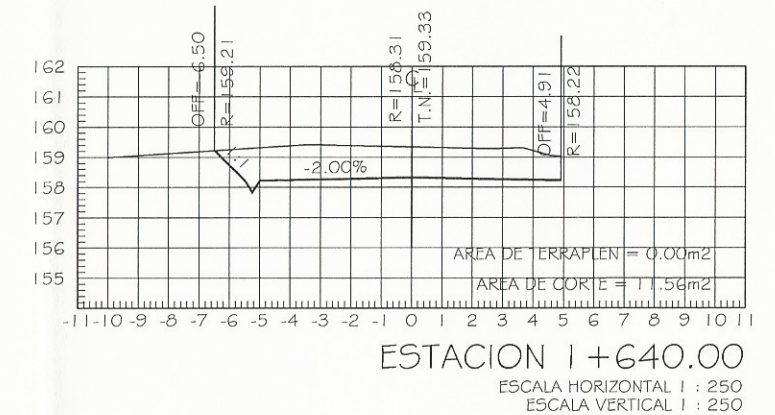
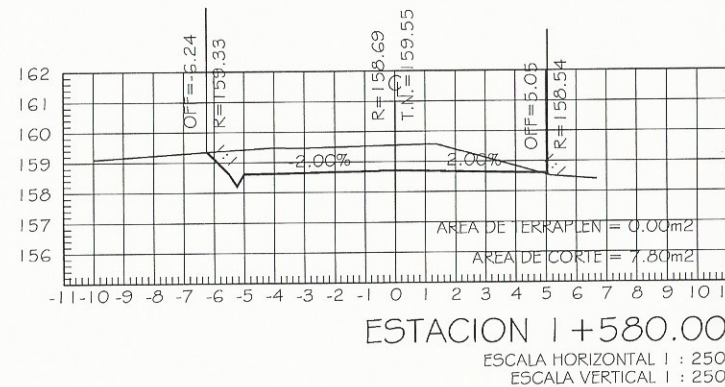
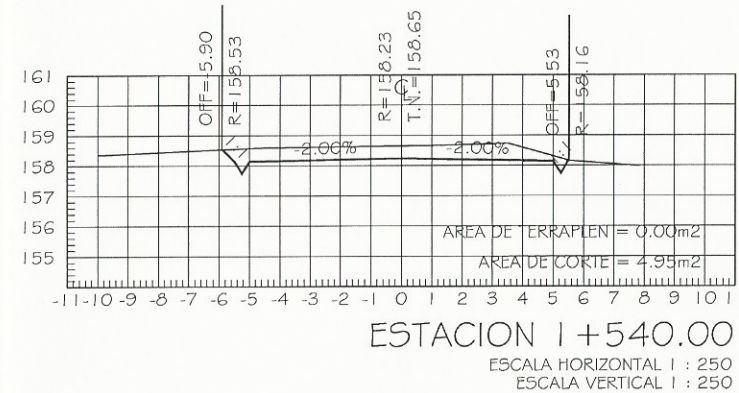
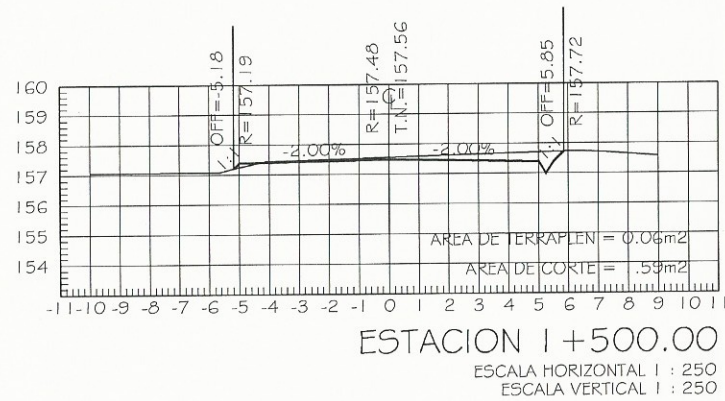
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO	REVISÓ	REVISÓ	REVISÓ
ALEJANDRA PÉREZ	ALEJANDRA PÉREZ	ALEJANDRA PÉREZ	MAYRA GRACIA
CONTENIDO			
SECCIONES TRANSVERSALES			
 Inga. Mayra Rebeca Carpio Pajón de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS			
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			
30			



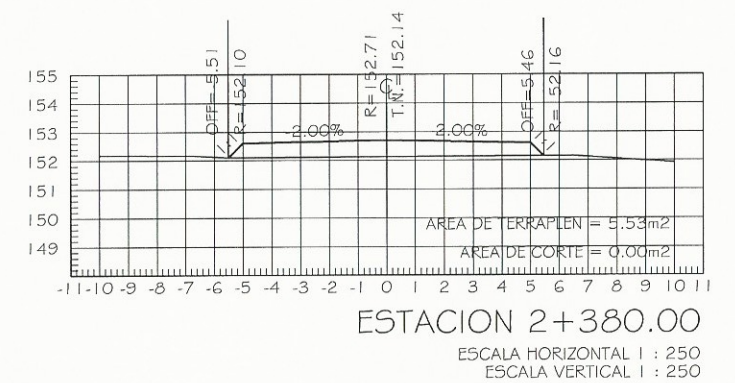
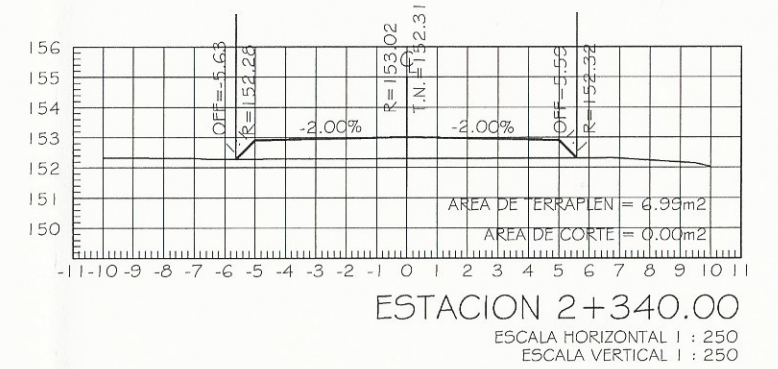
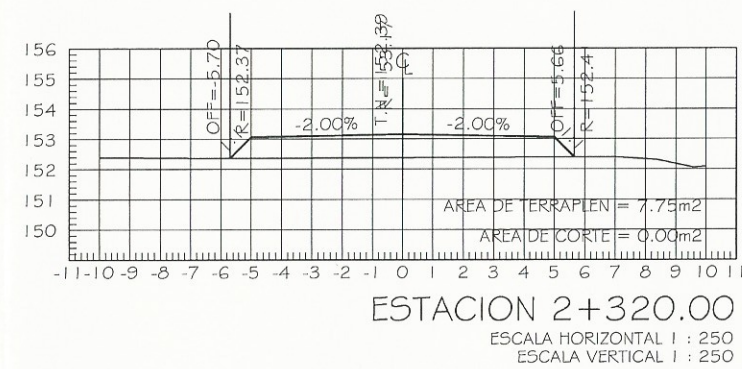
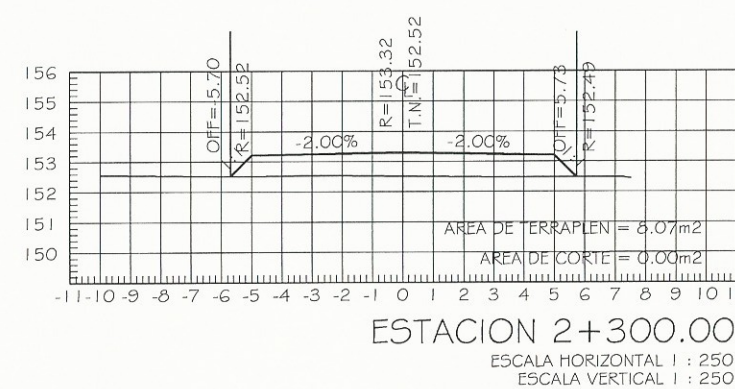
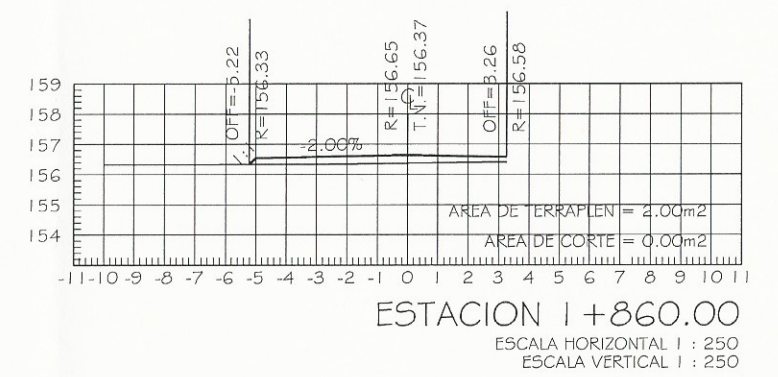



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO ALEJANDRA PÉREZ	REVISIÓN ALEJANDRA PÉREZ	REVISIÓN MAYRA GRACIA
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			



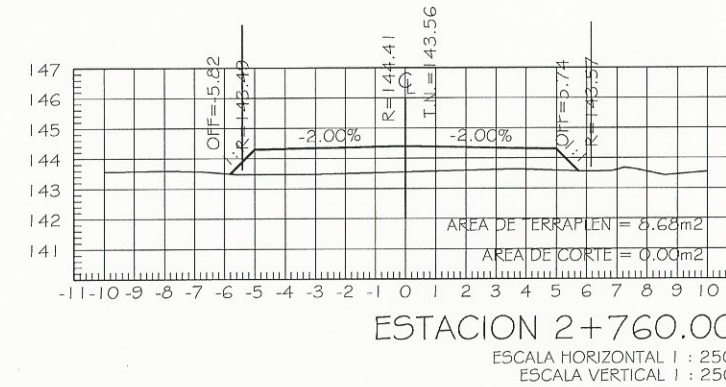
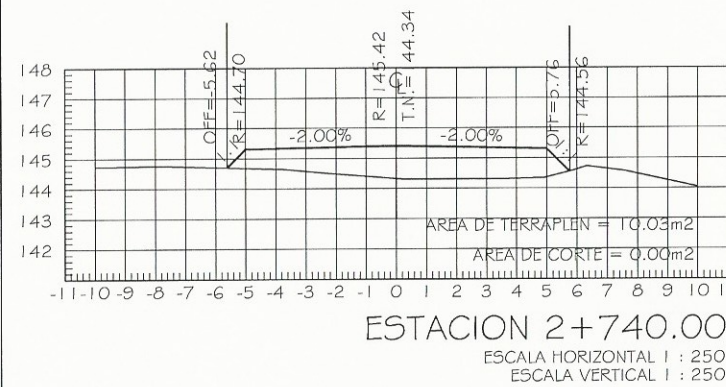
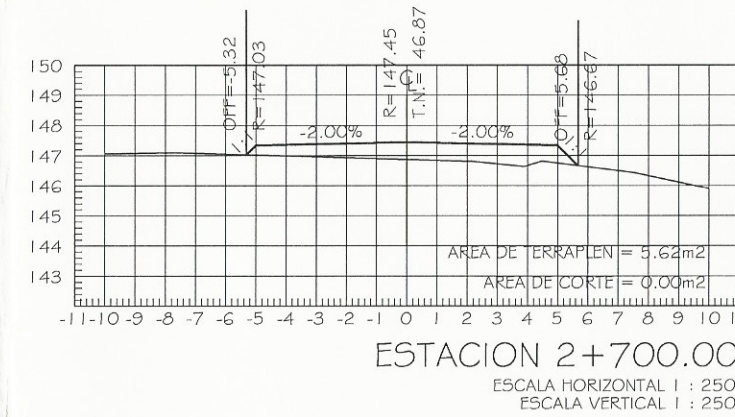
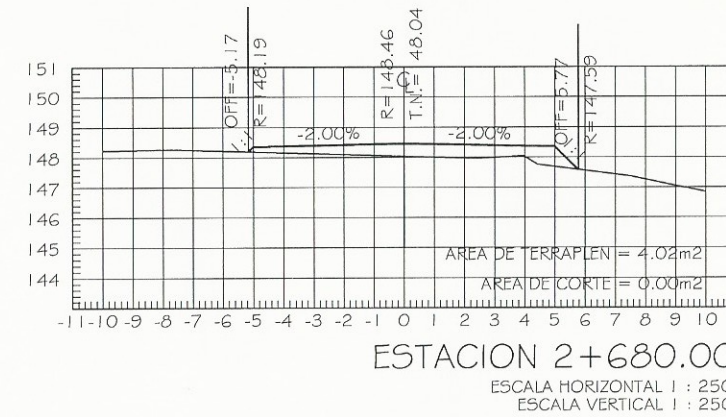
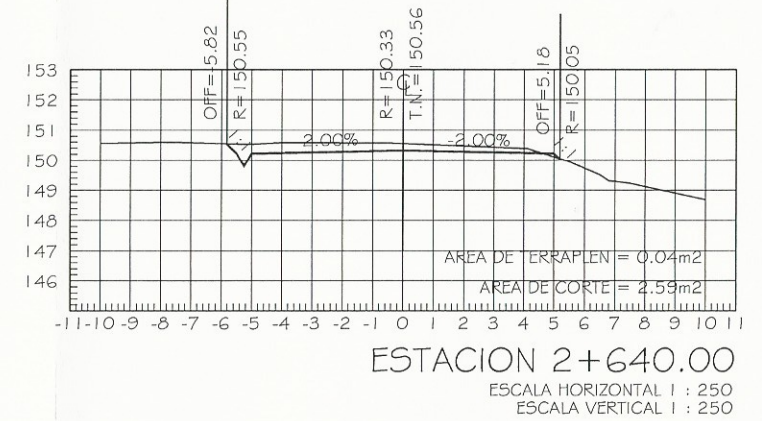
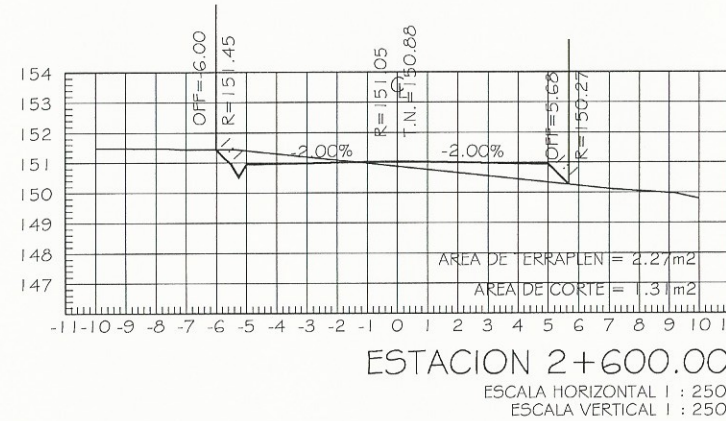
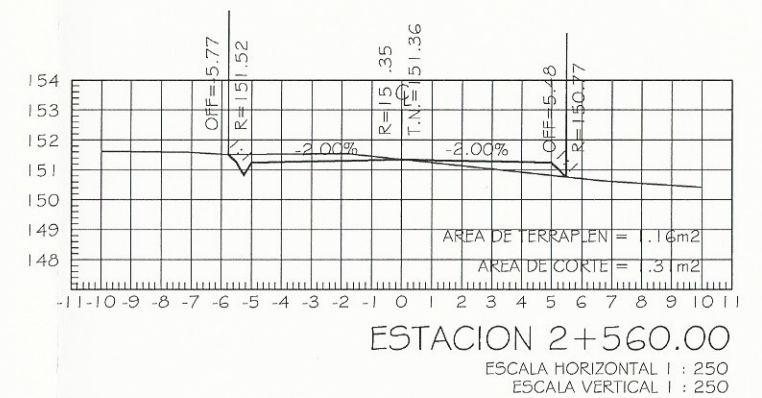
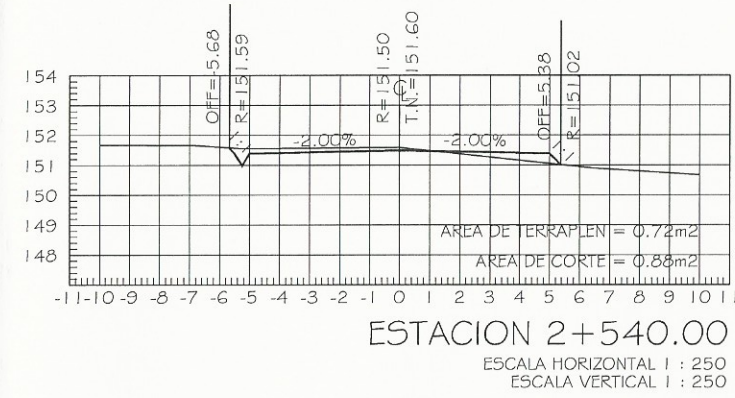
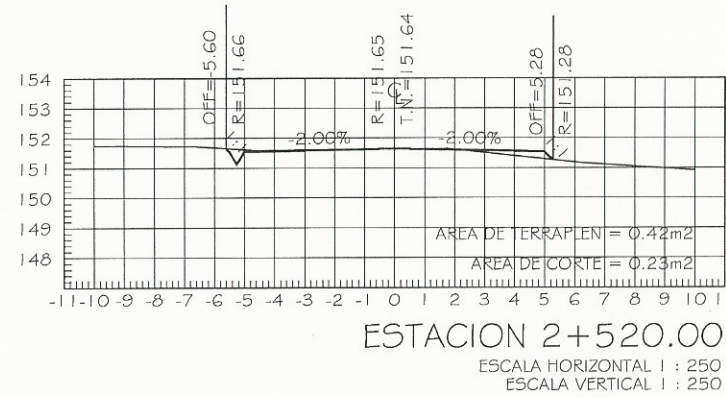






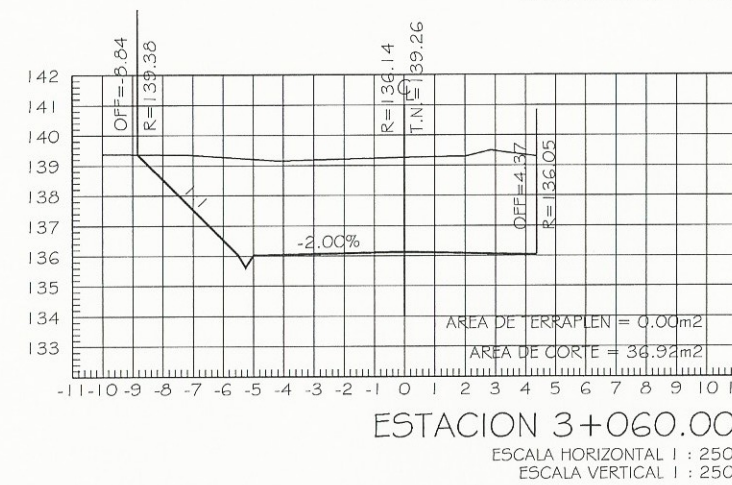
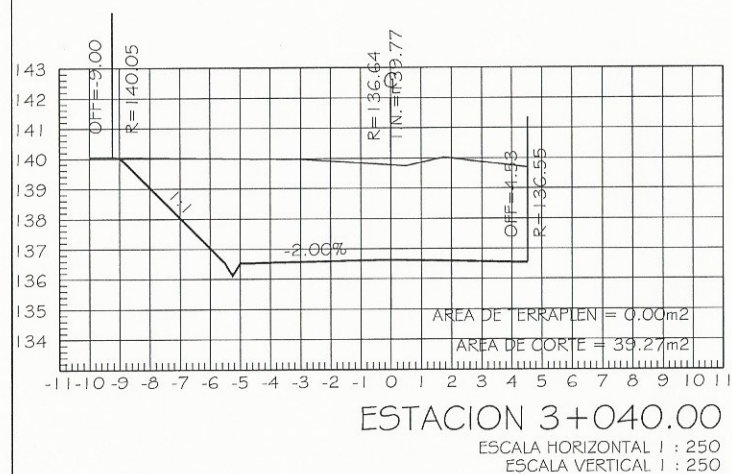
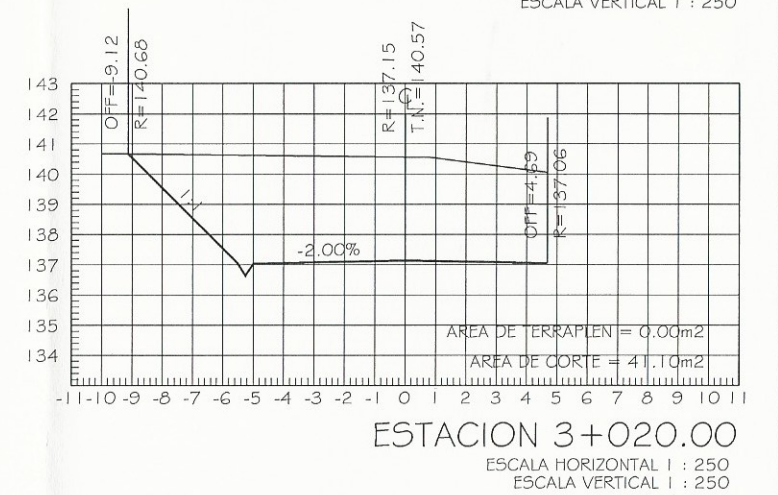
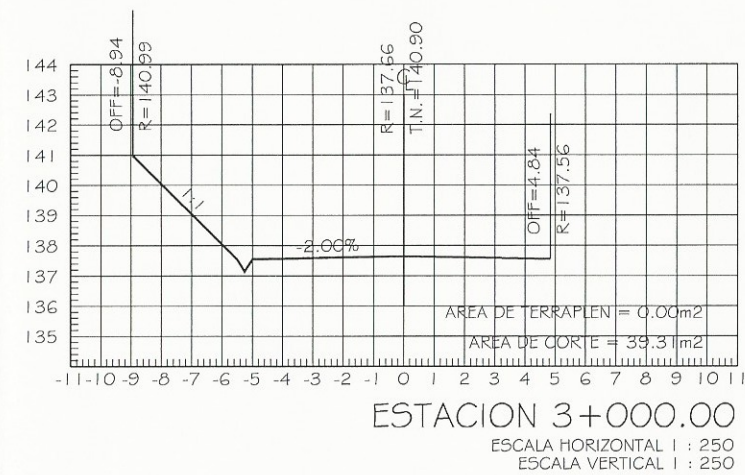
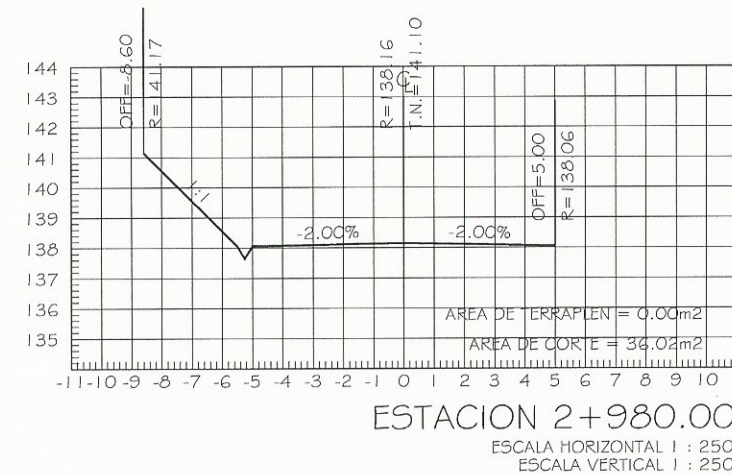
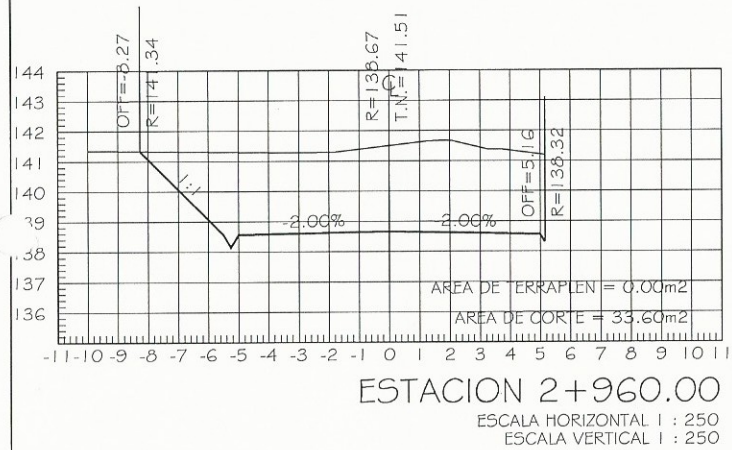
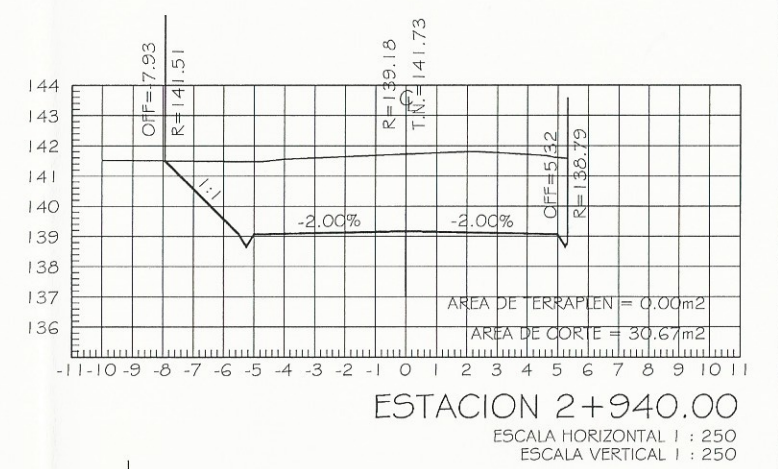
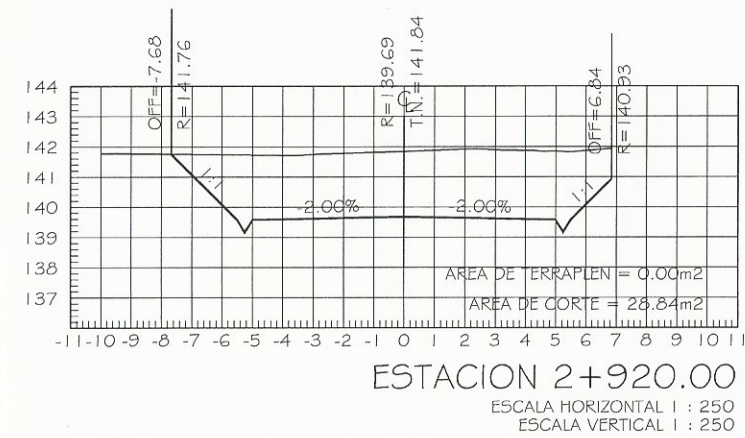
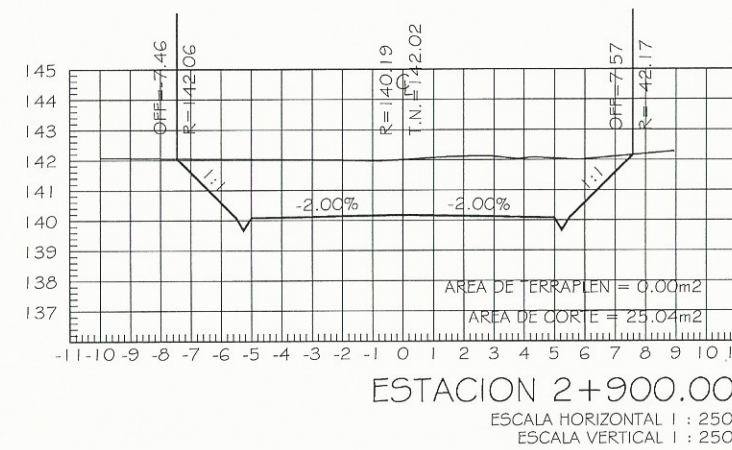
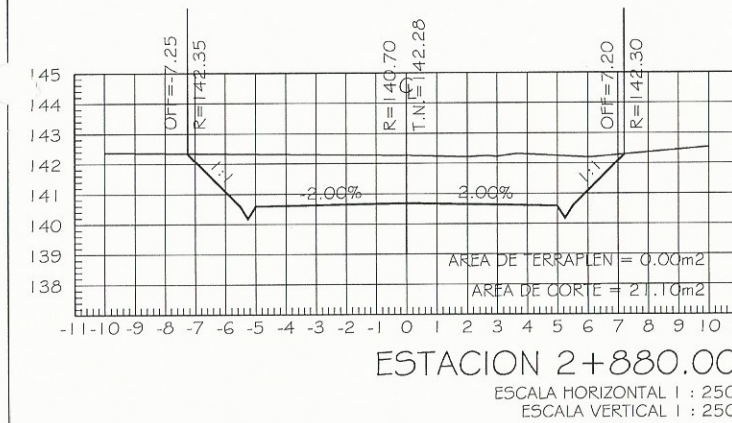
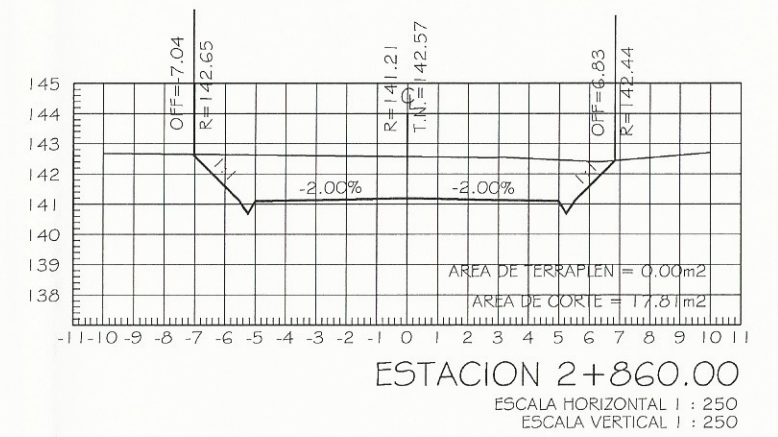
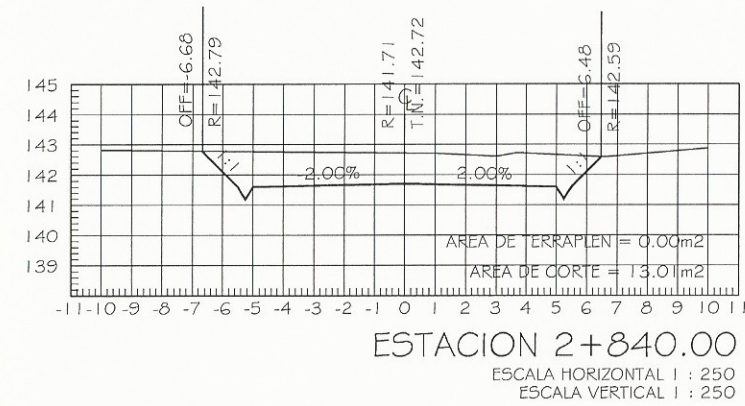
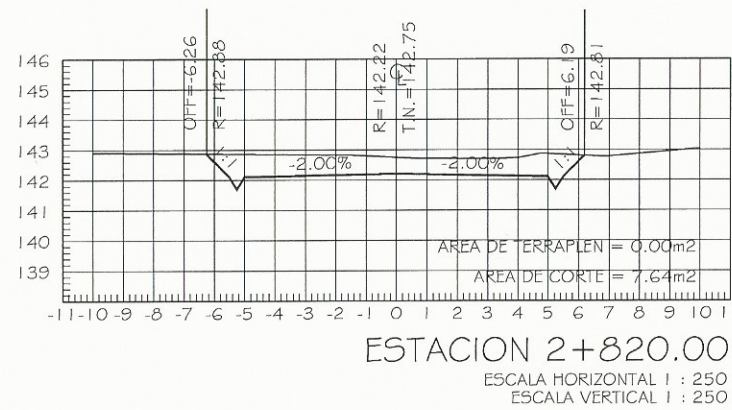
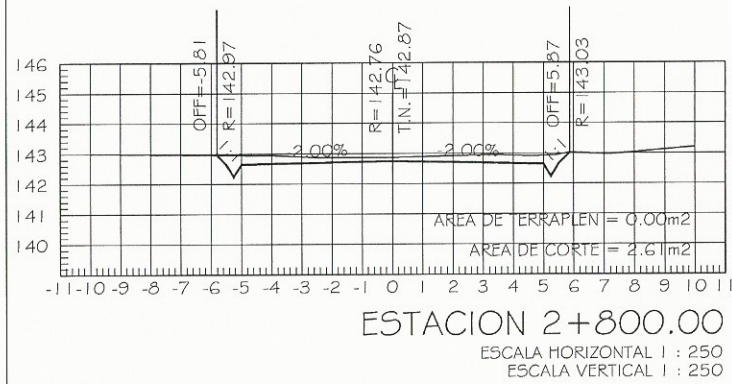
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO MAYRA GRACIA	REVISÓ MAYRA GRACIA
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Práctica Ingeniería y EPS			
			30


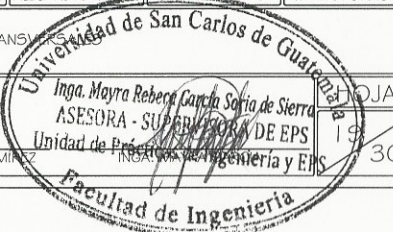




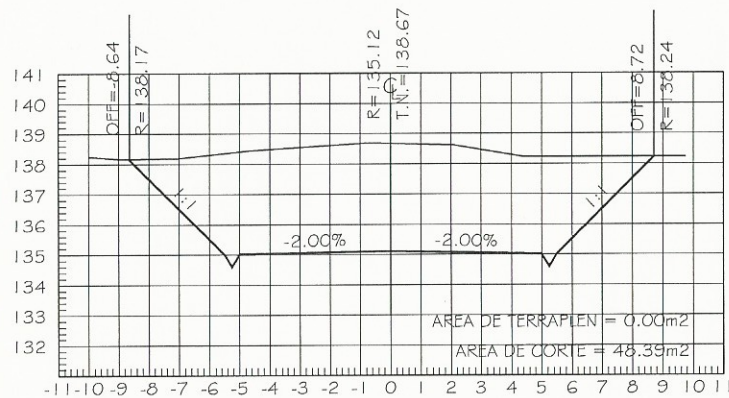
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO ALEJANDRA PÉREZ	CÁLCULO ALEJANDRA PÉREZ	REVISIÓN MAYRA GRACIA
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			
Inga. Mayra Rebeca Carpio Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS			
18/30			



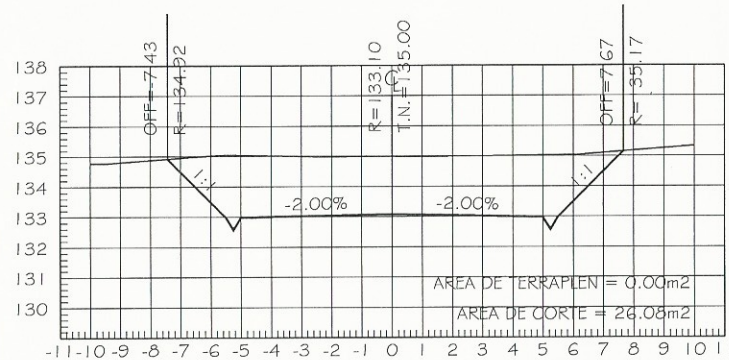


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: ALEJANDRA PÉREZ	CRUCIO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
 Ing. Mayra Rebecca Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS			HOJA 19 30
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			

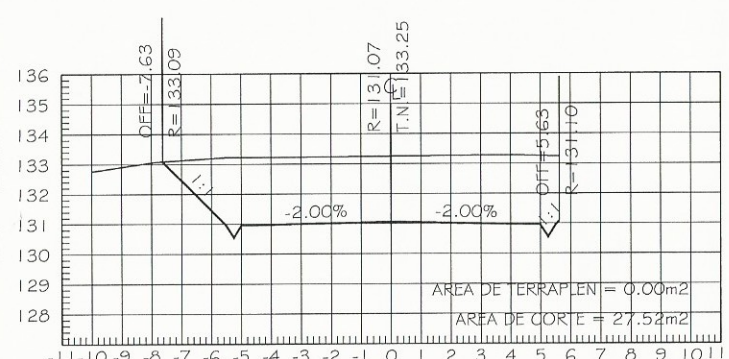




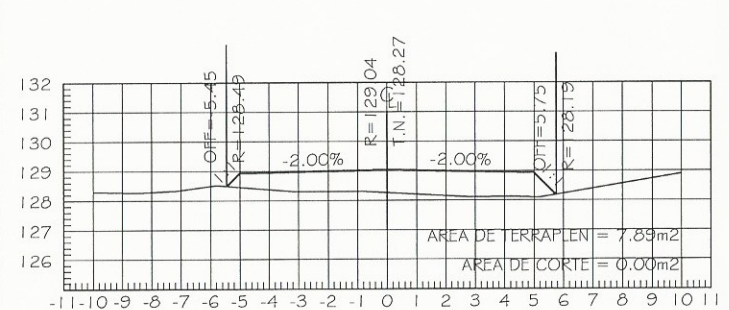
ESTACION 3+100.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



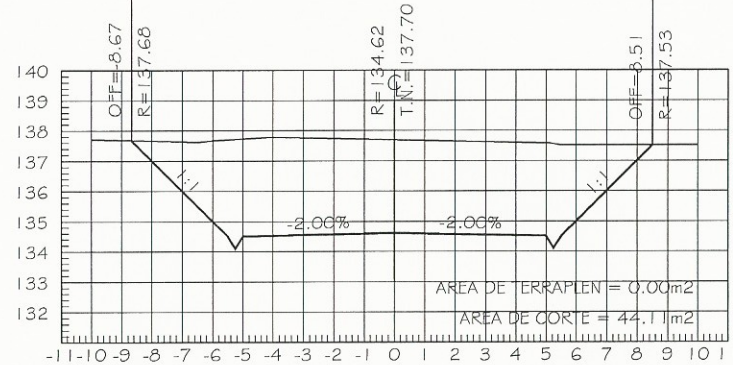
ESTACION 3+180.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



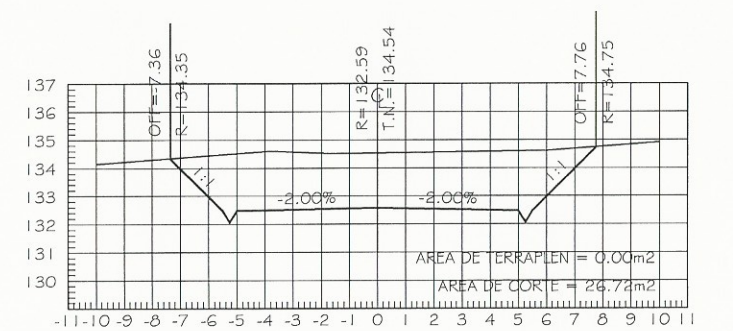
ESTACION 3+260.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



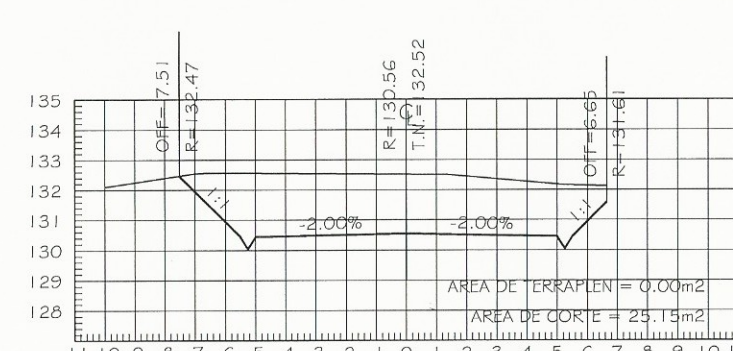
ESTACION 3+340.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



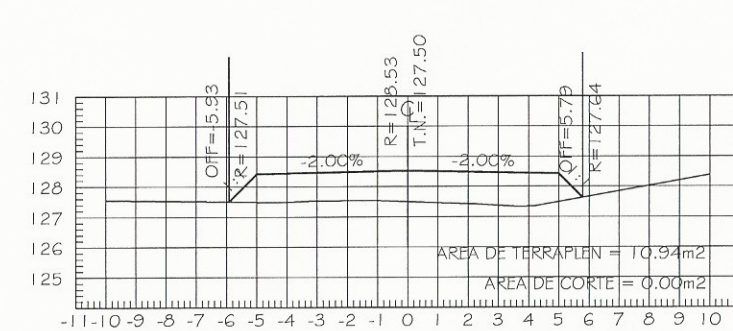
ESTACION 3+120.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



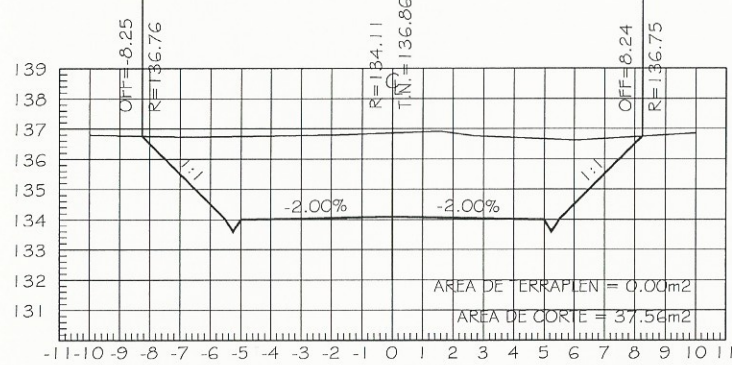
ESTACION 3+200.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



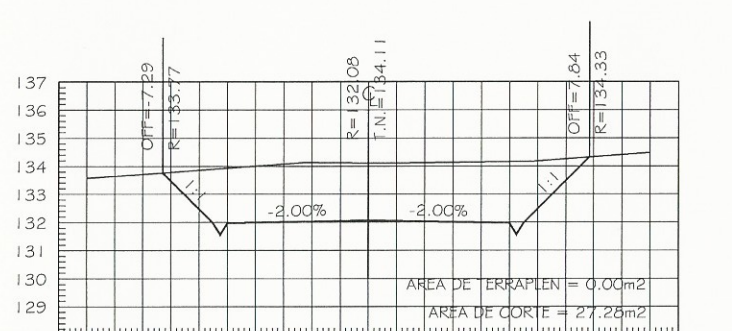
ESTACION 3+280.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



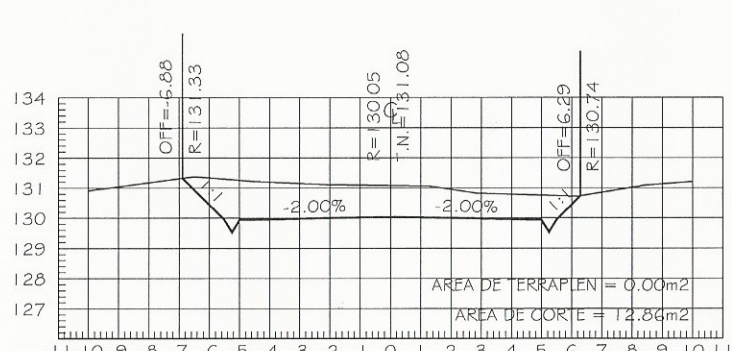
ESTACION 3+360.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



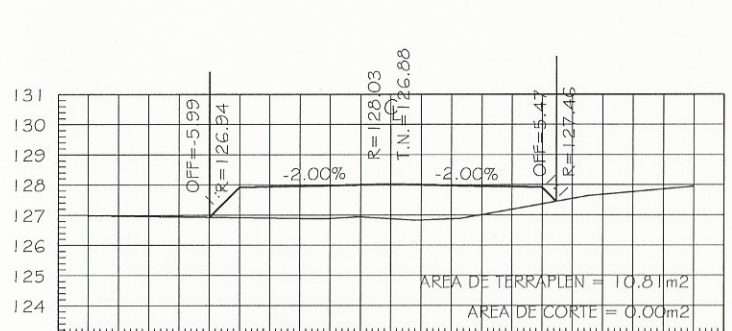
ESTACION 3+140.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



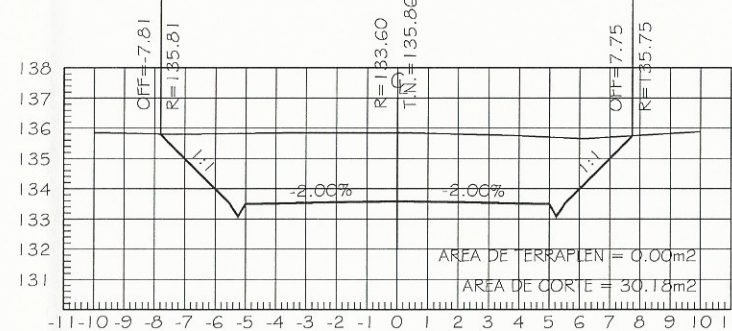
ESTACION 3+220.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



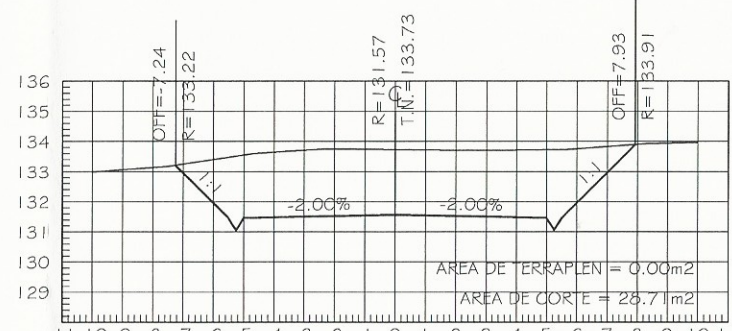
ESTACION 3+300.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



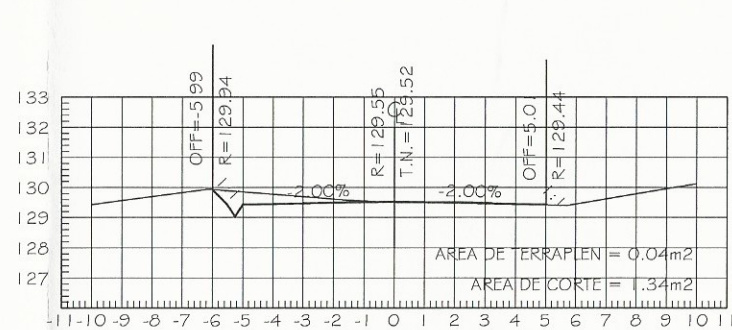
ESTACION 3+380.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250




ESTACION 3+160.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



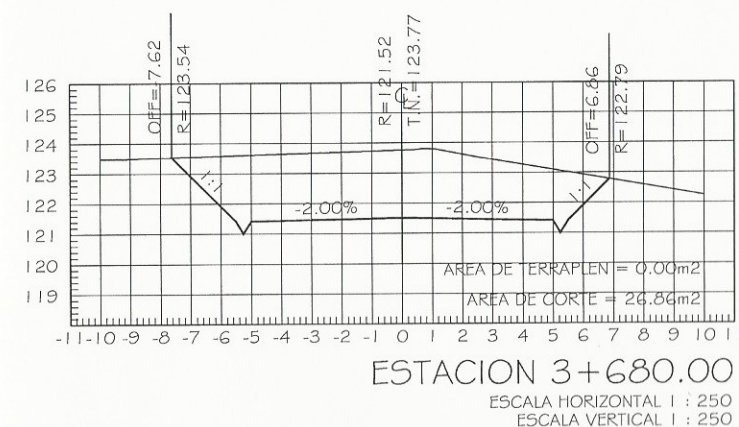
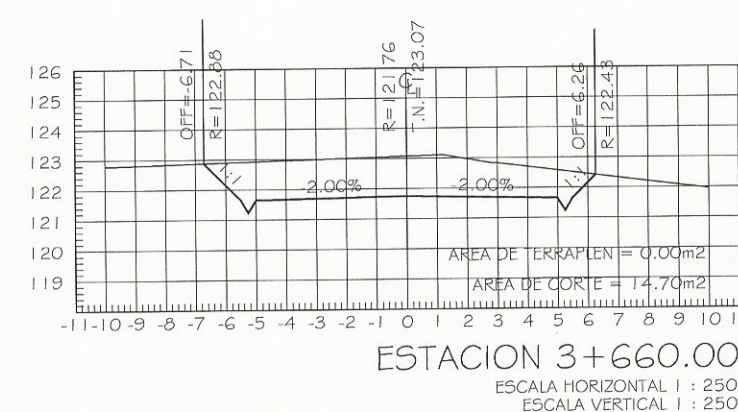
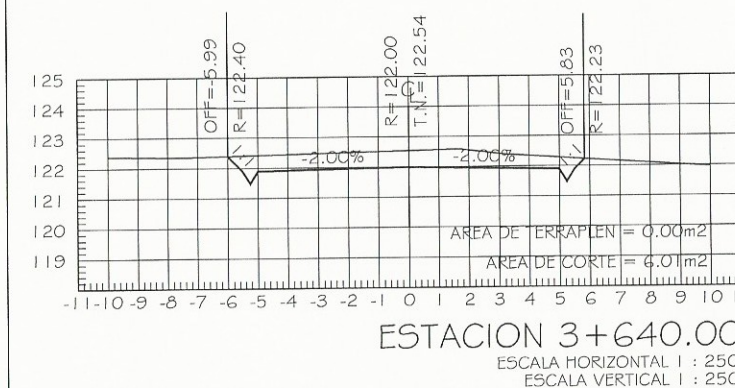
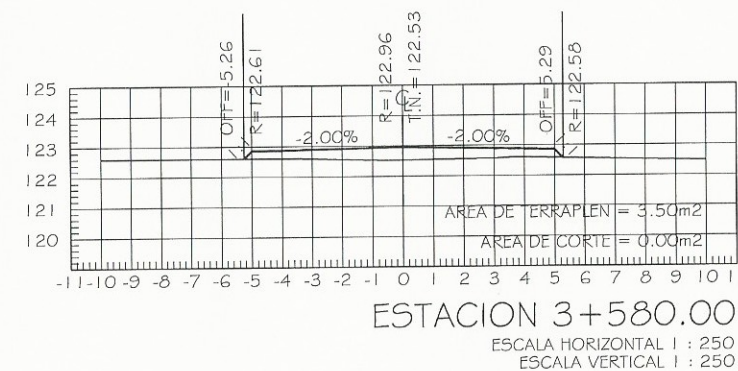
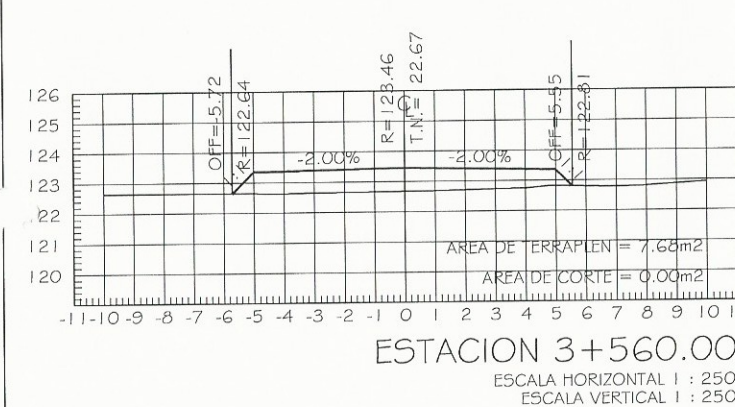
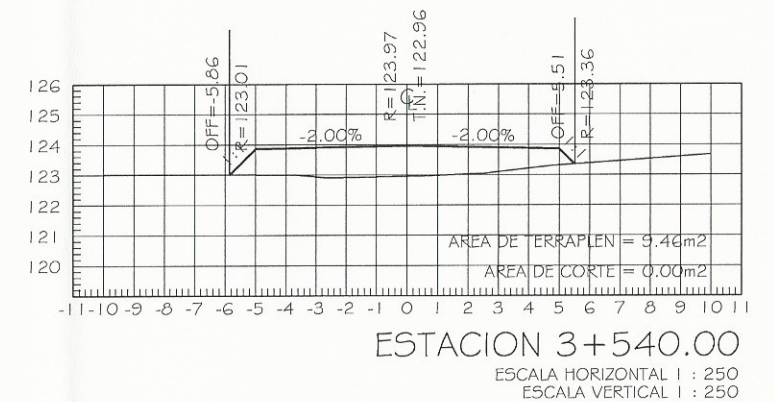
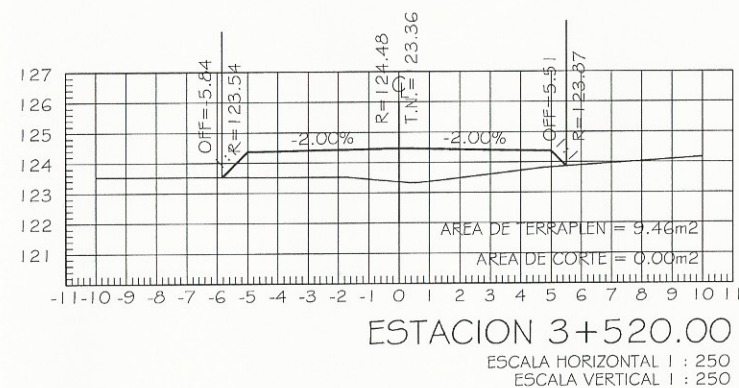
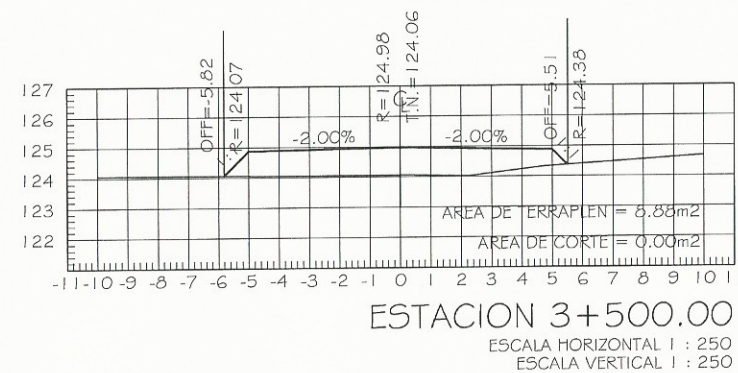
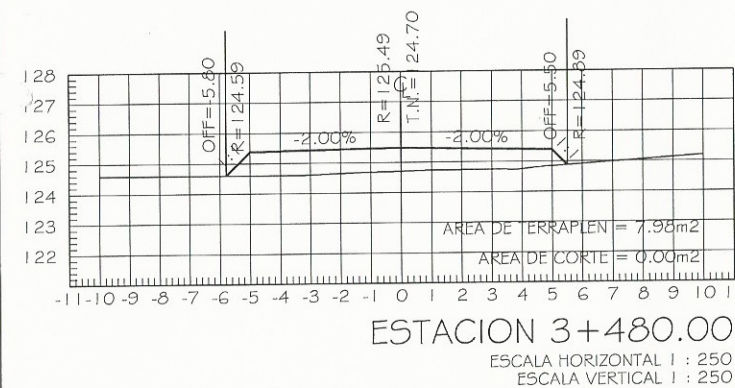
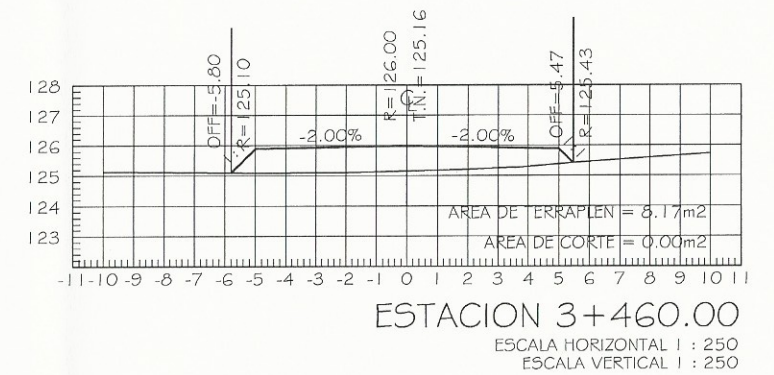
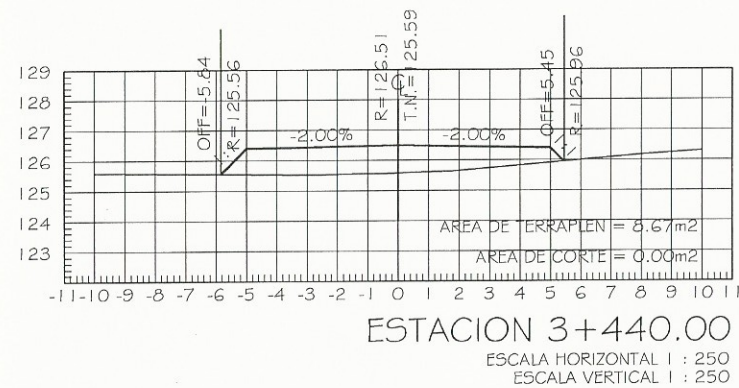
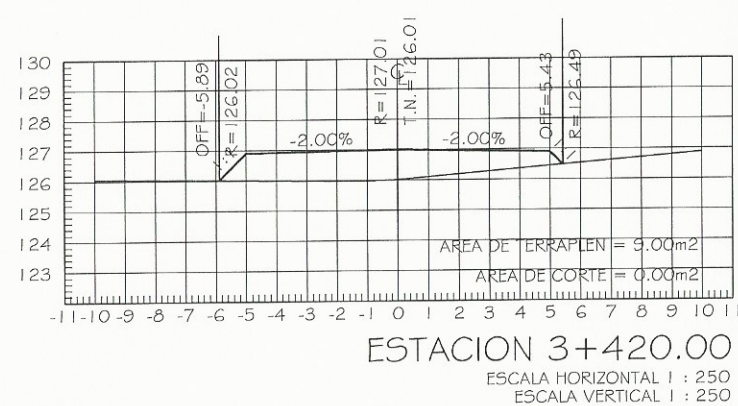
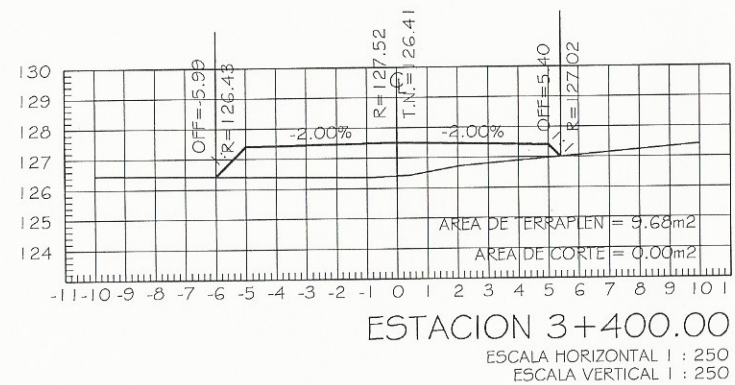
ESTACION 3+240.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250




ESTACION 3+320.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250

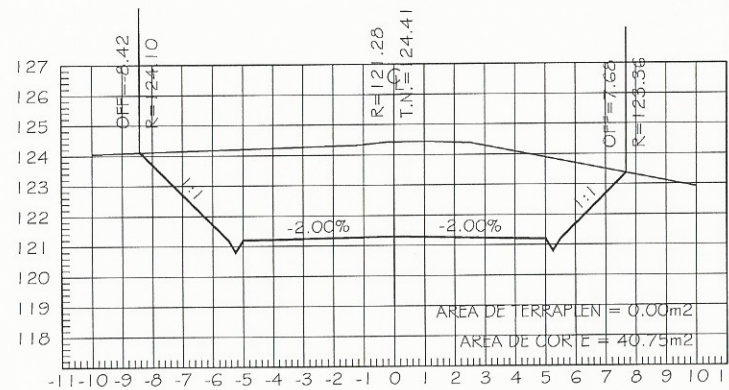
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO ALEJANDRA PÉREZ	REVISIÓN ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO MAYRA GRACIA	REVISIÓN MAYRA GRACIA
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS			
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ Inga. MAYRA GRACIA			HOJA 20 30



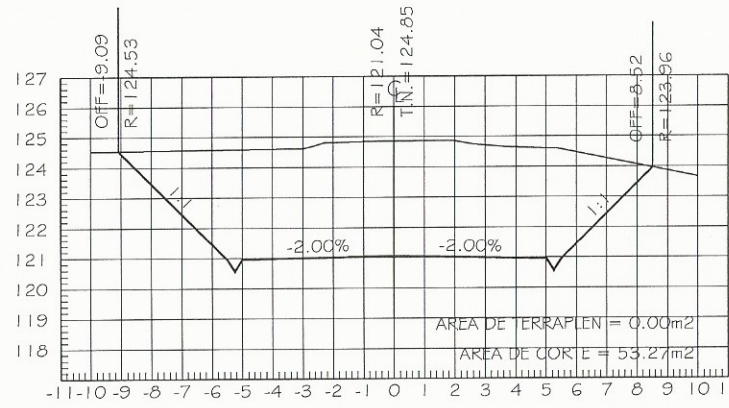


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO		
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ		
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.		
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES		
ASESORA: <b>Inga. Mayra Patricia Soria de Sierra</b> SUPERVISORA DE EPS: <b>INGA. MAYRA PATRICIA GARCIA</b> Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		
MARÍA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ		

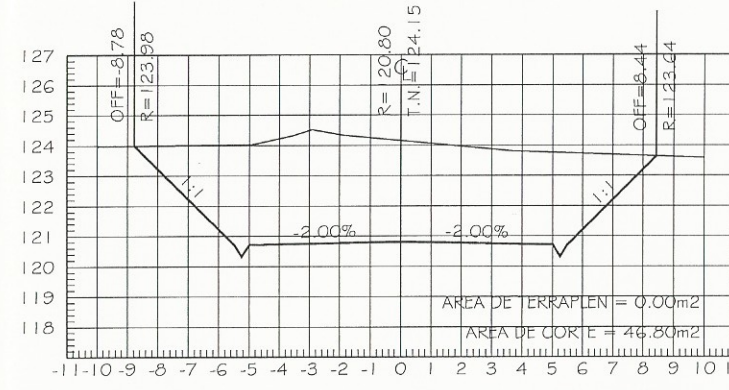




ESTACION 3+700.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



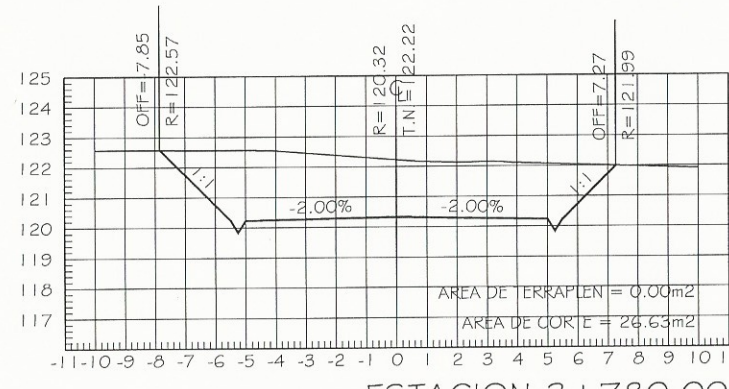
ESTACION 3+720.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



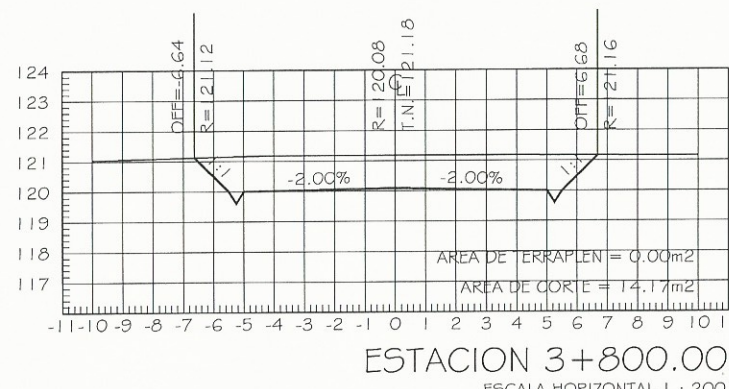
ESTACION 3+740.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



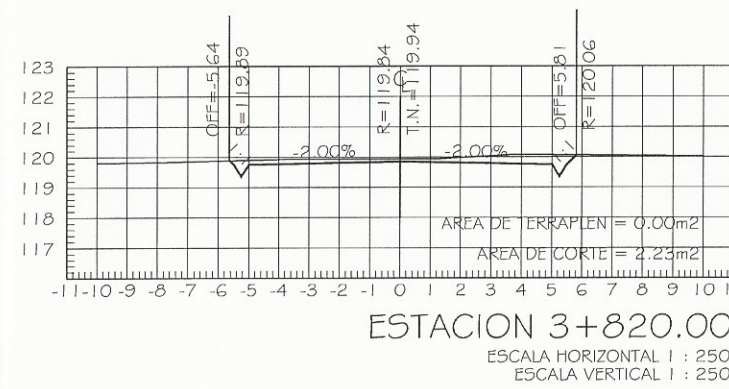
ESTACION 3+760.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



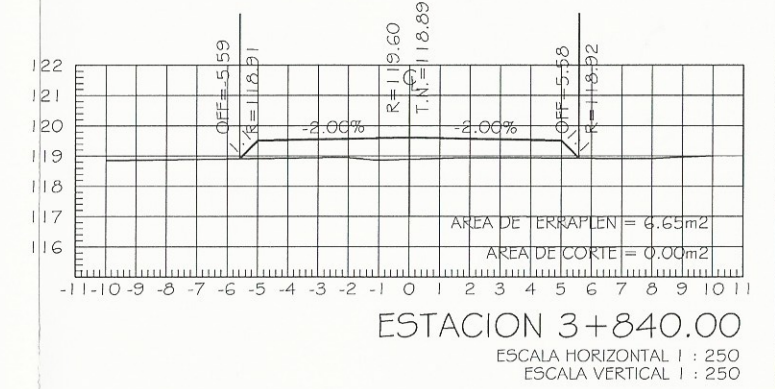
ESTACION 3+780.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



ESTACION 3+800.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 200  
ESCALA VERTICAL 1 : 200



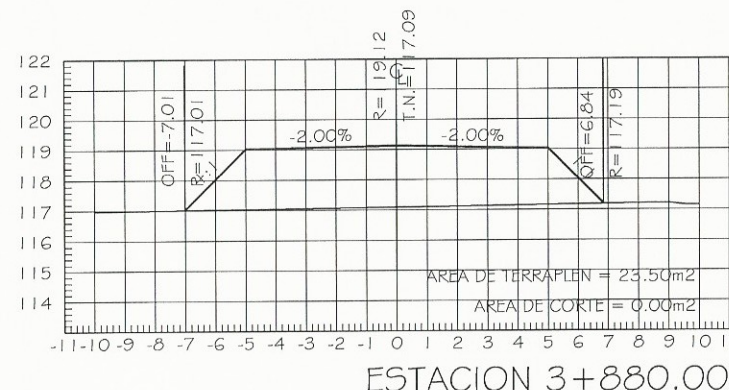
ESTACION 3+820.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



ESTACION 3+840.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



ESTACION 3+860.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



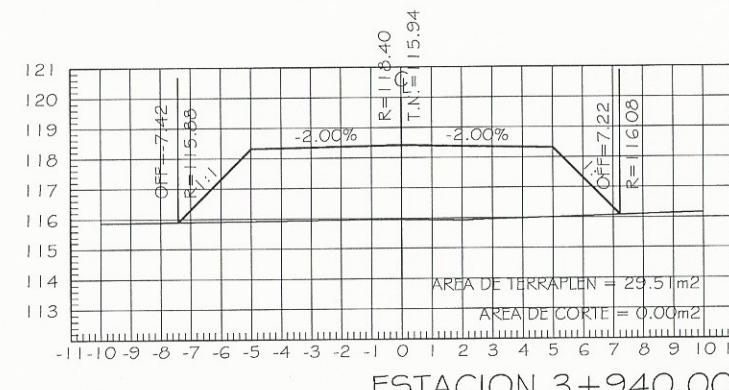
ESTACION 3+880.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



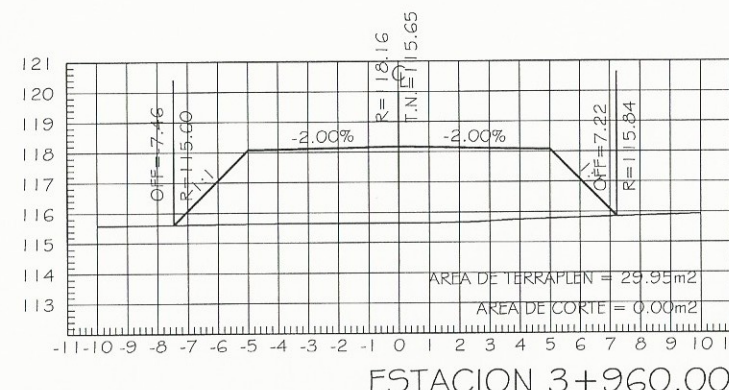
ESTACION 3+900.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



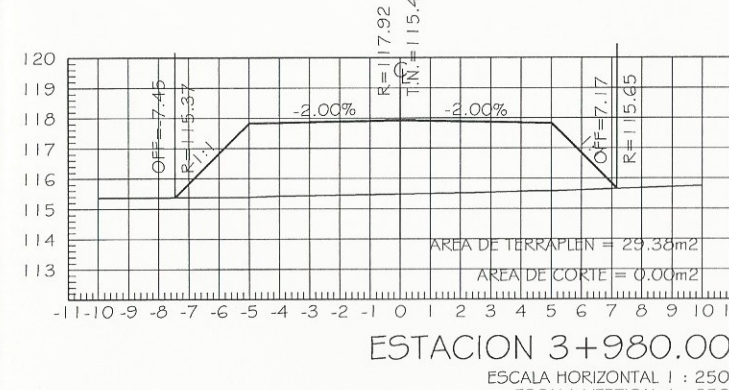
ESTACION 3+920.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



ESTACION 3+940.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



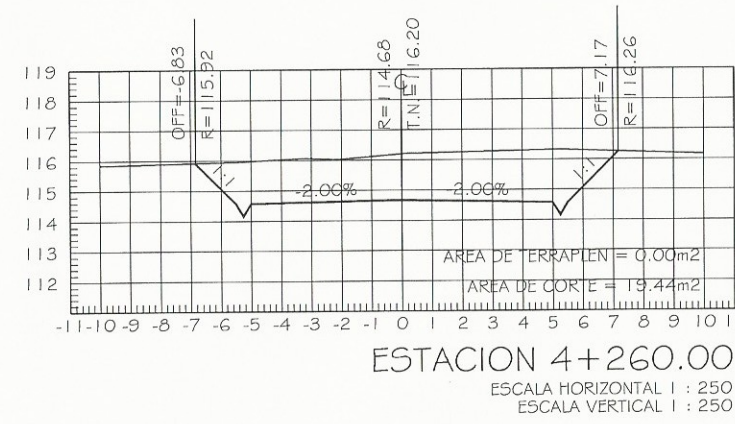
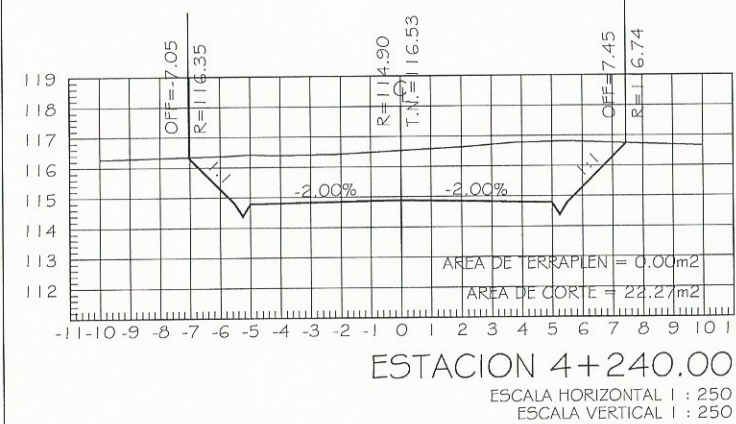
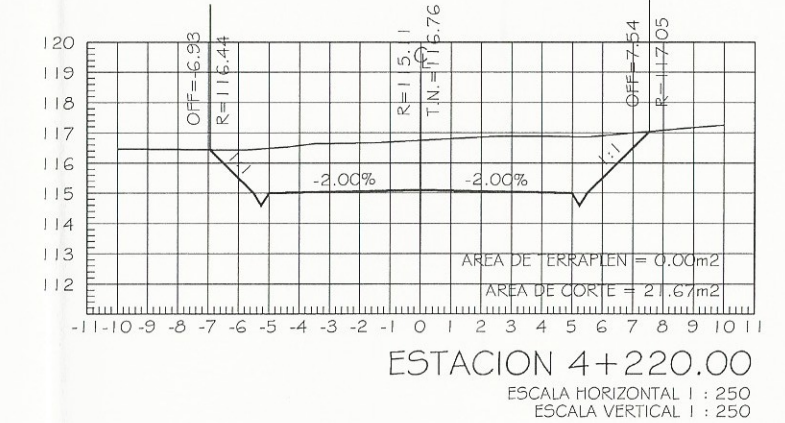
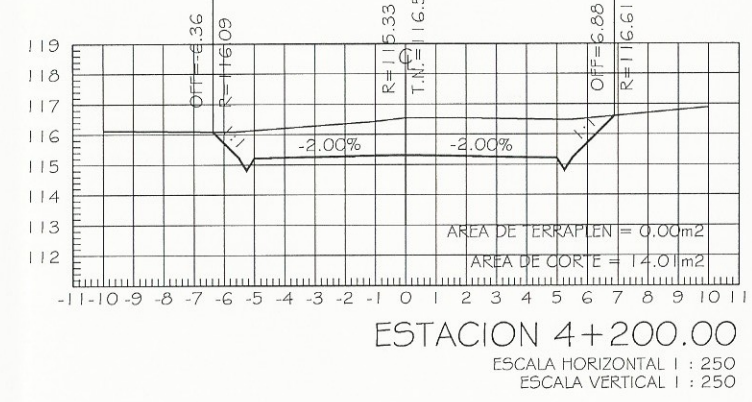
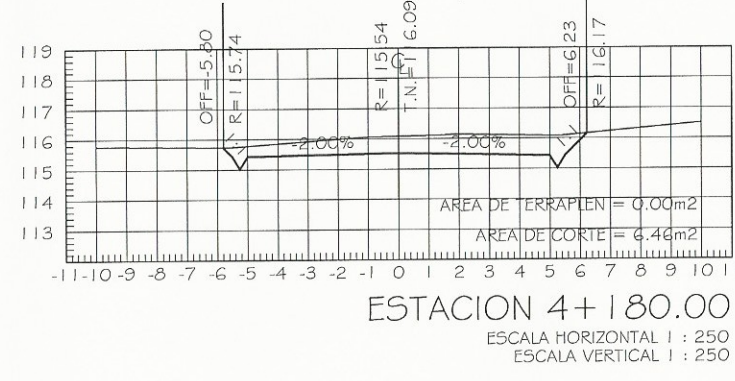
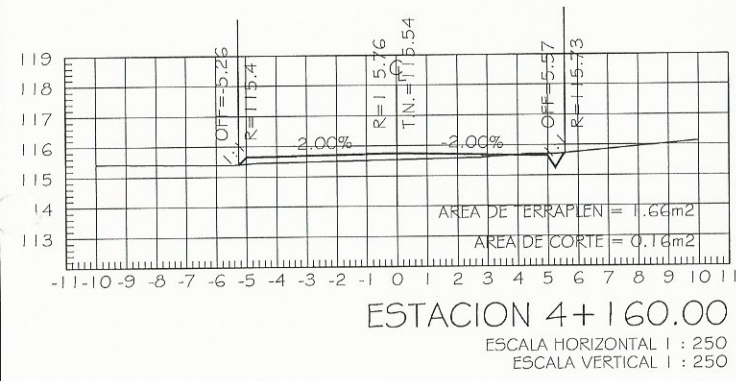
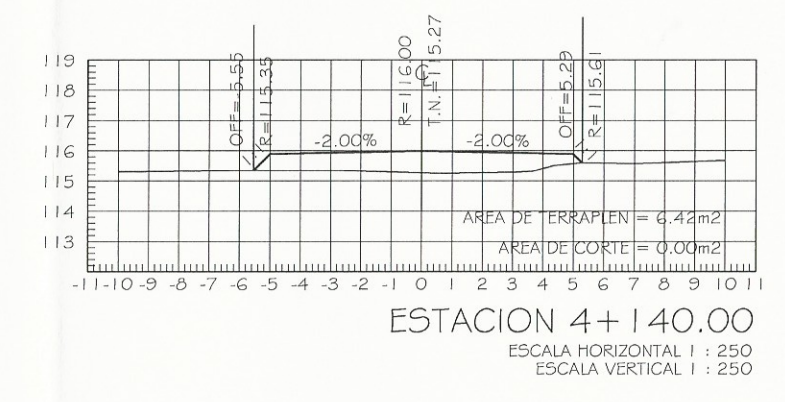
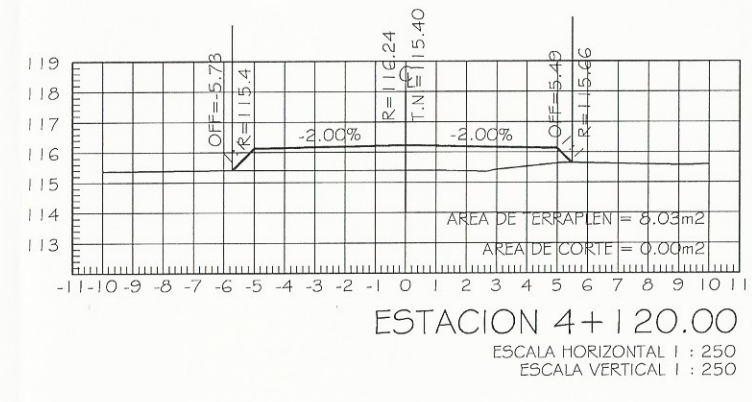
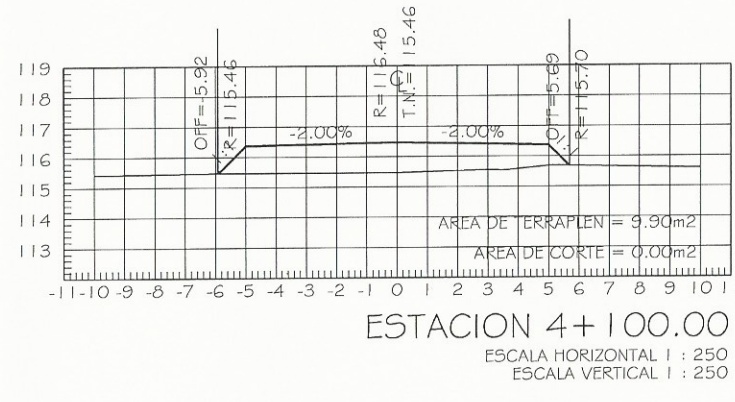
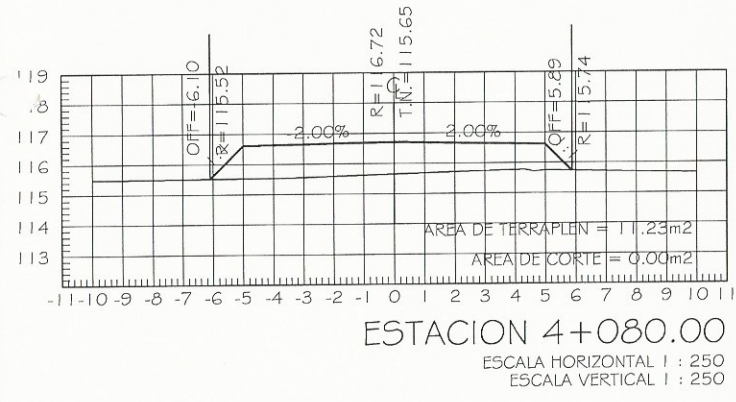
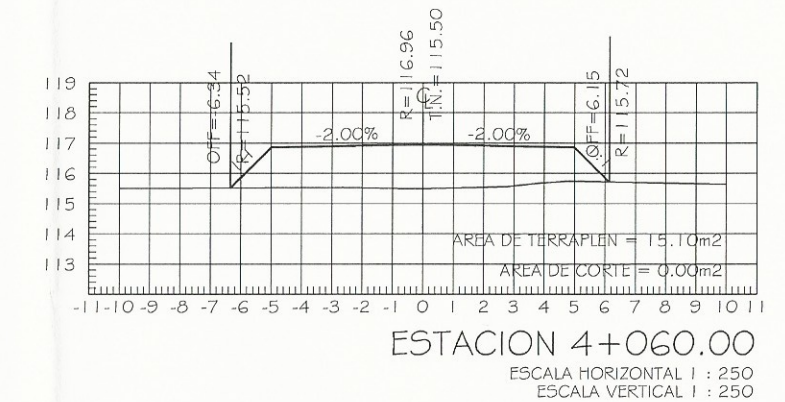
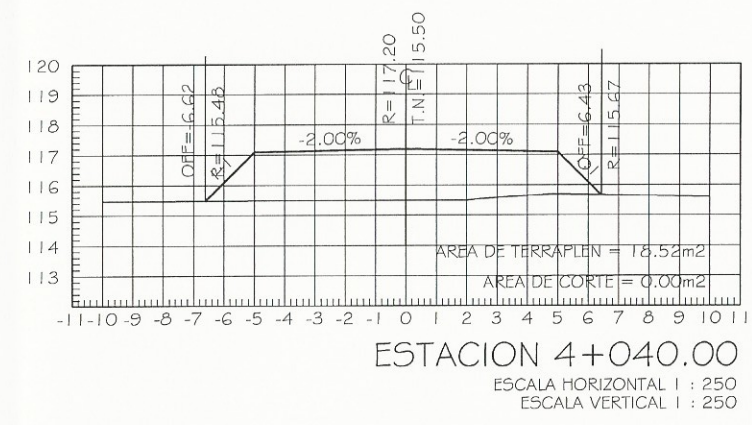
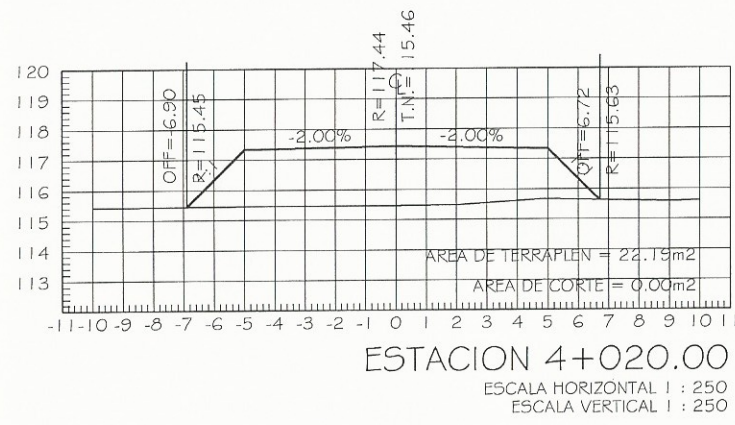
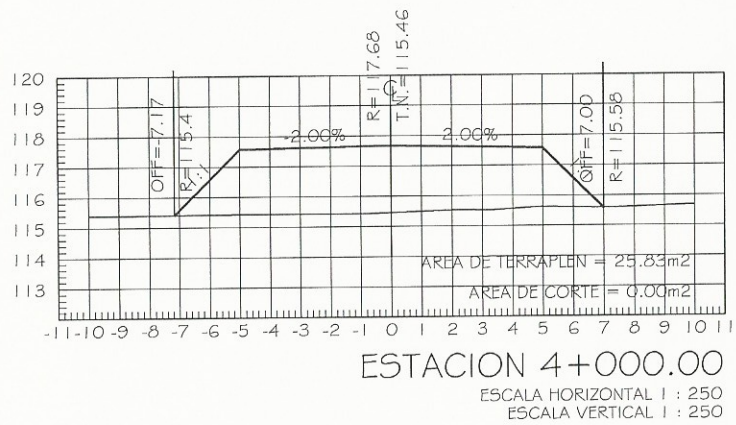
ESTACION 3+960.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250



ESTACION 3+980.00  
ESCALA HORIZONTAL 1 : 250  
ESCALA VERTICAL 1 : 250

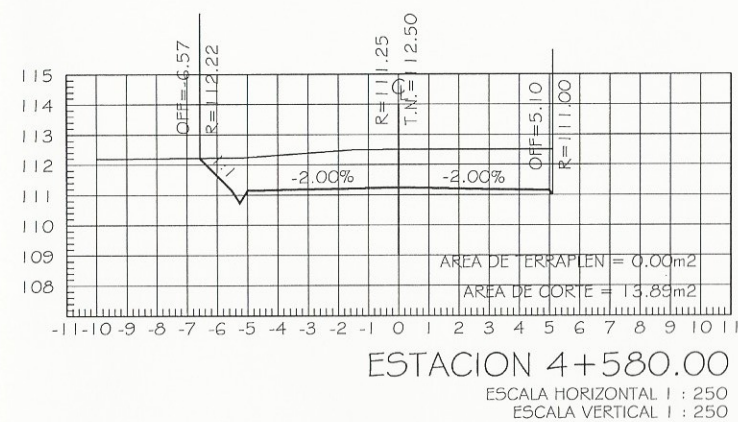
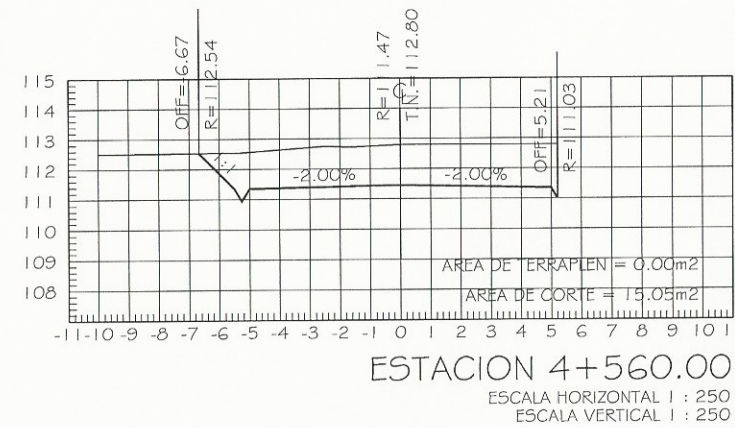
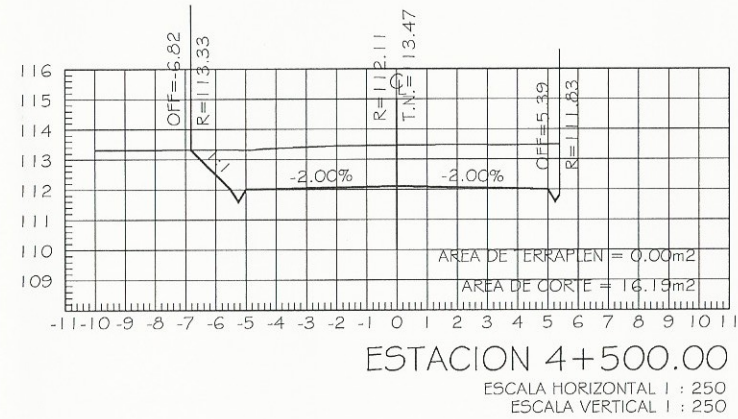
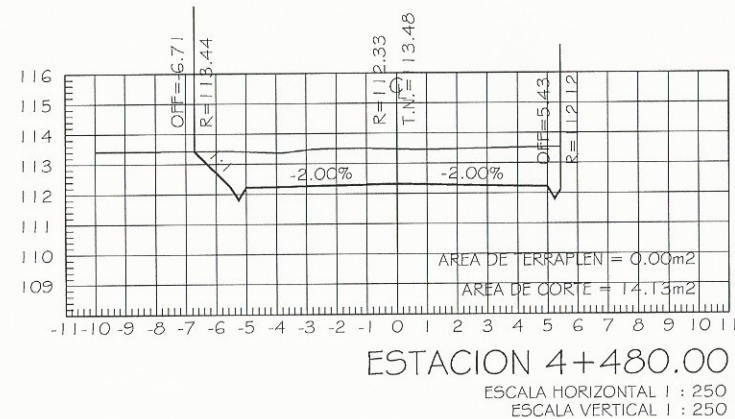
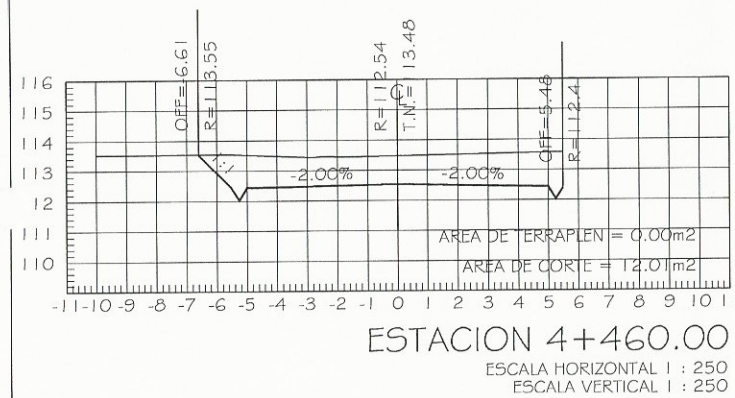
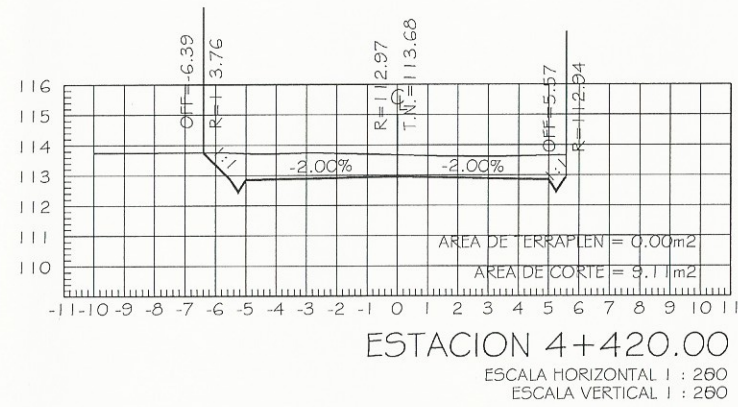
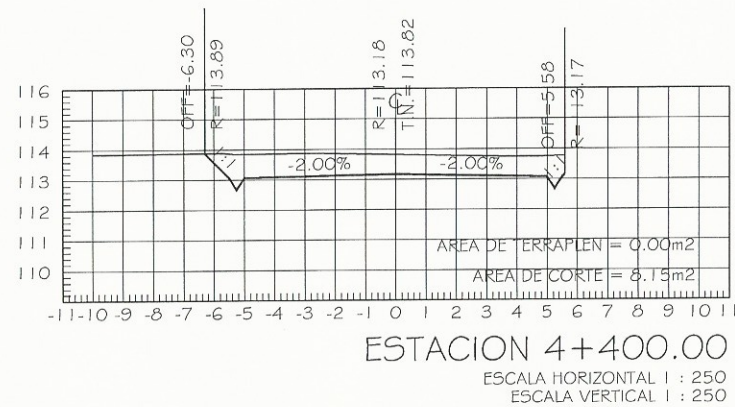
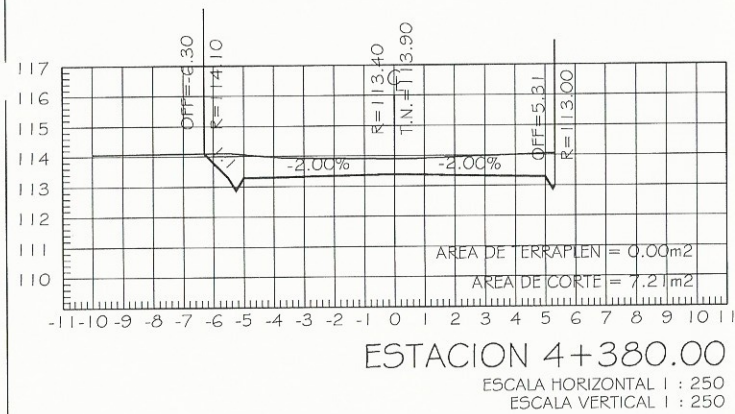
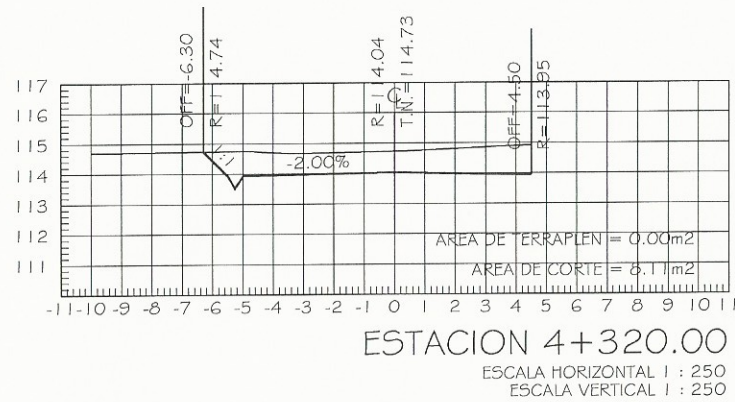
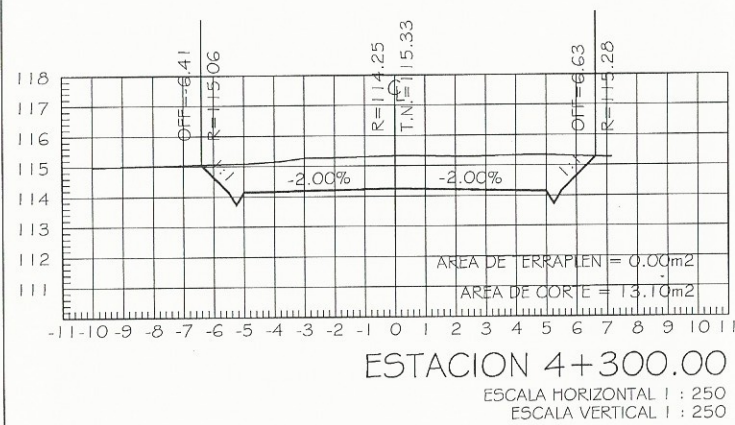
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
ELABORADO	REVISADO	APROBADO	REVISADO
ALEJANDRA PÉREZ	ALEJANDRA PÉREZ	ALEJANDRA PÉREZ	MAYRA GRACIA
CONTENIDO			
SECCIONES TRANSVERSALES			
Ing. Mayra Rebecca García Solís de Sierra			
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS			
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS			
MARÍA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			
30			






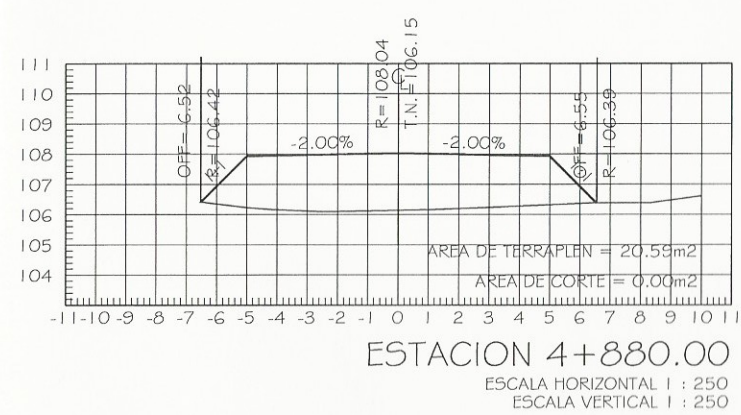
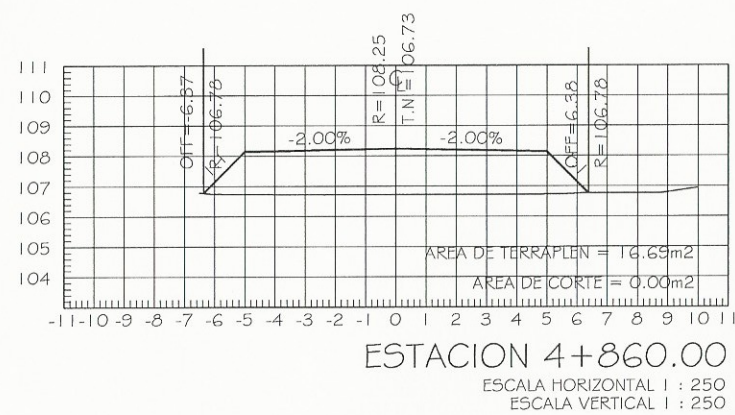
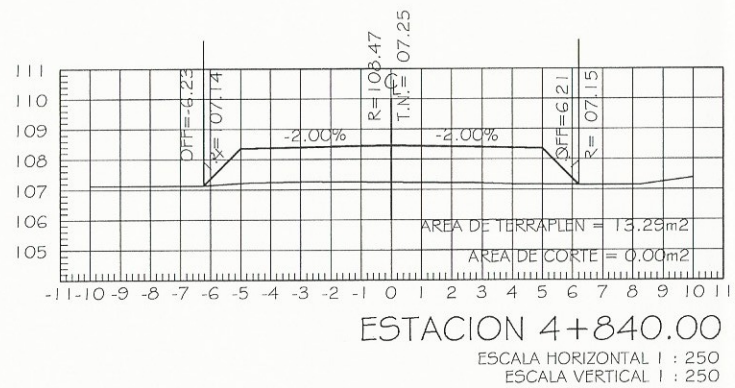
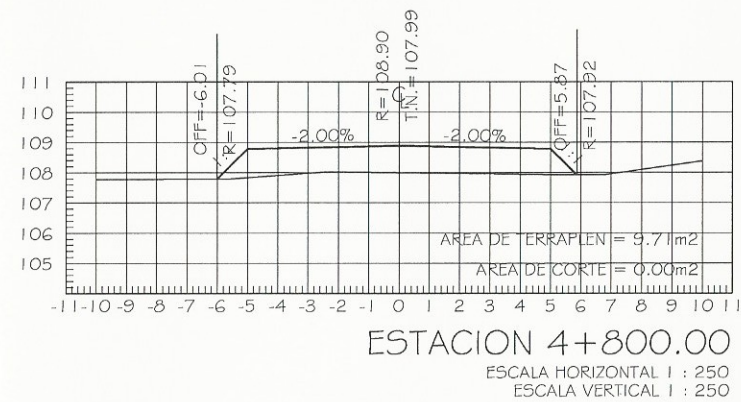
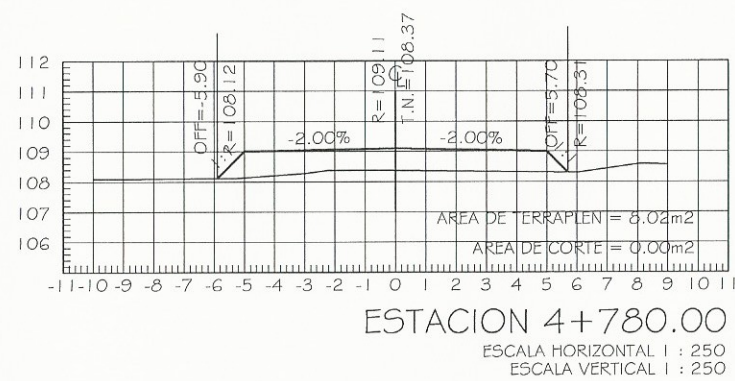
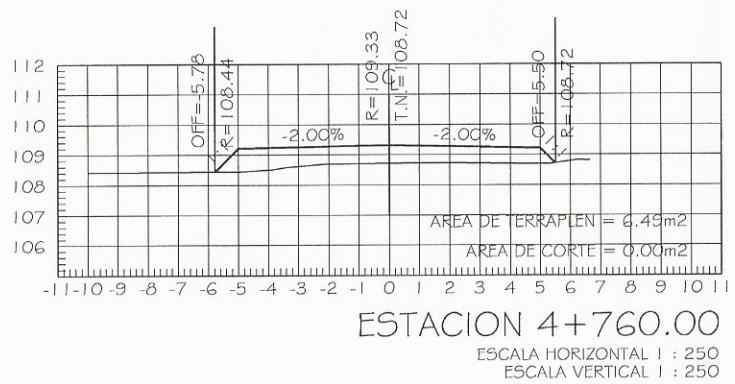
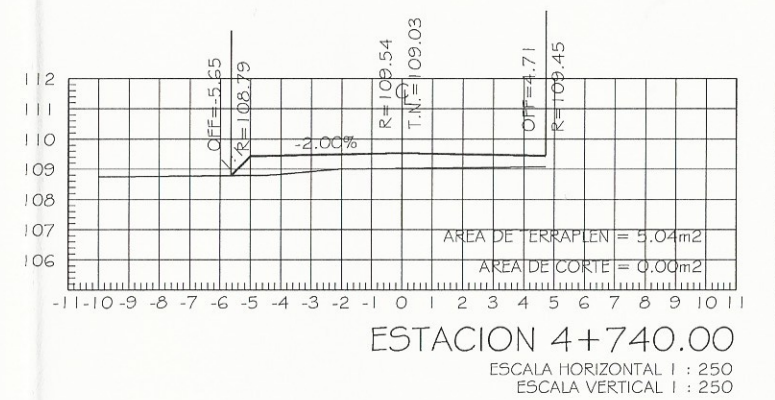
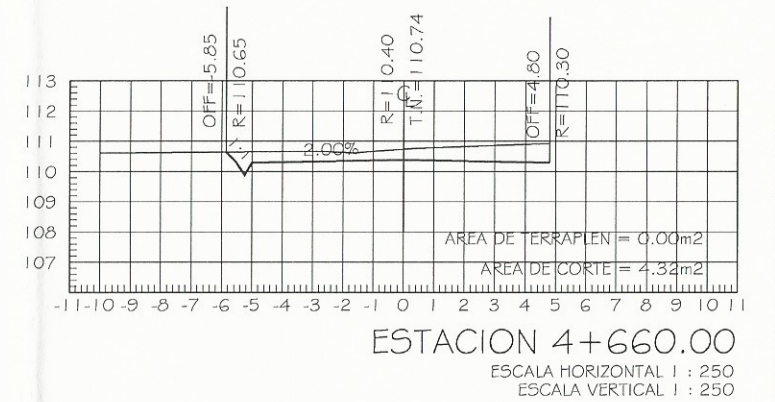
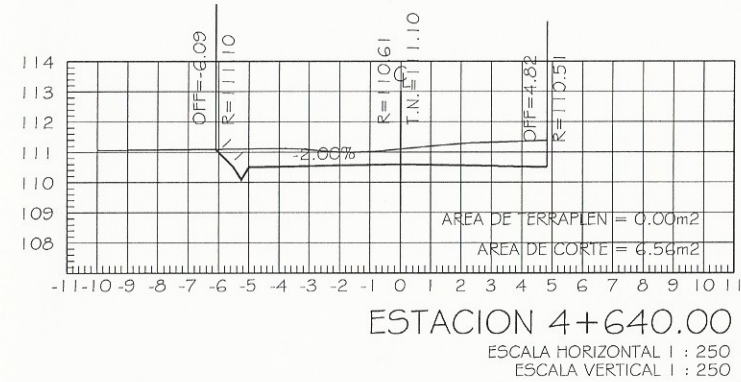
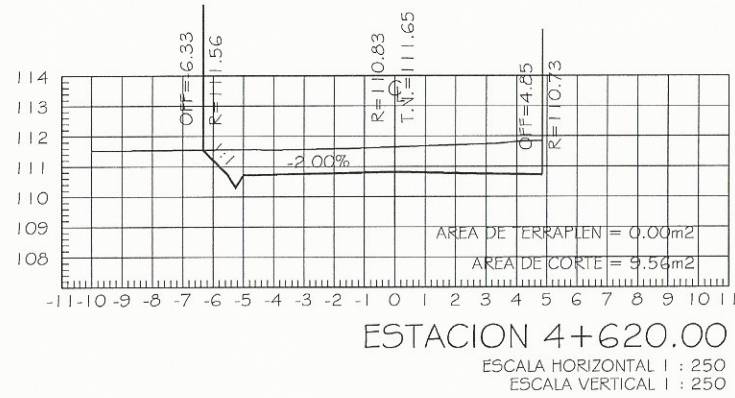
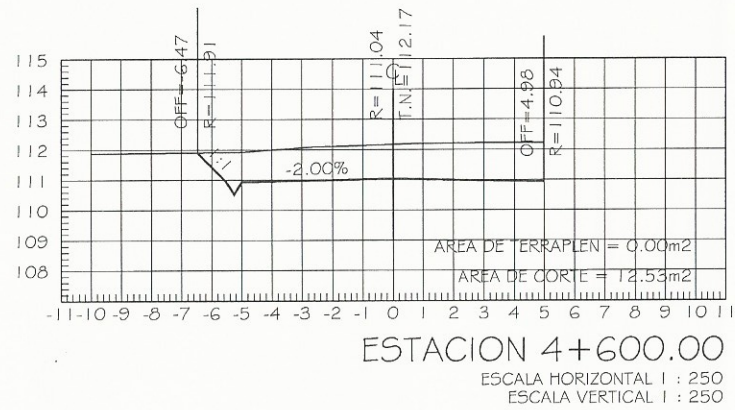
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ		DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ		HOJA 30	


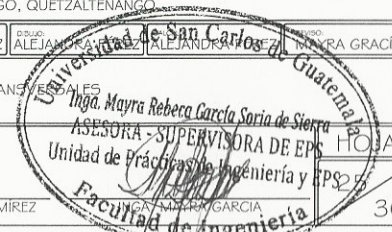




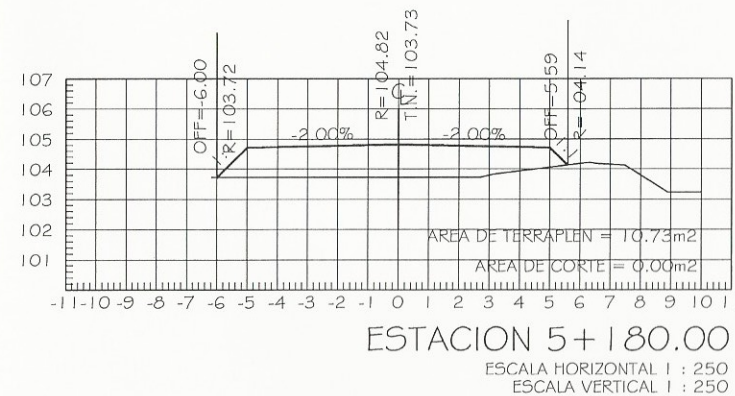
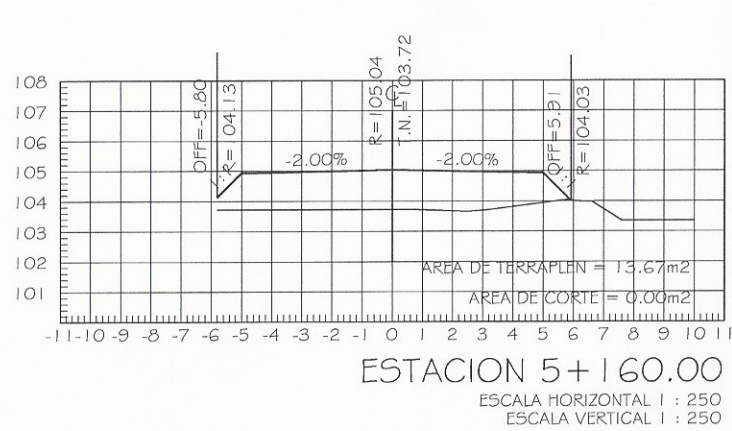
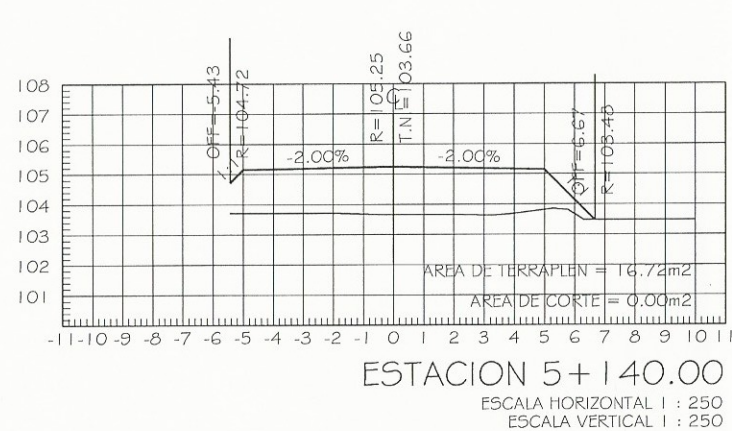
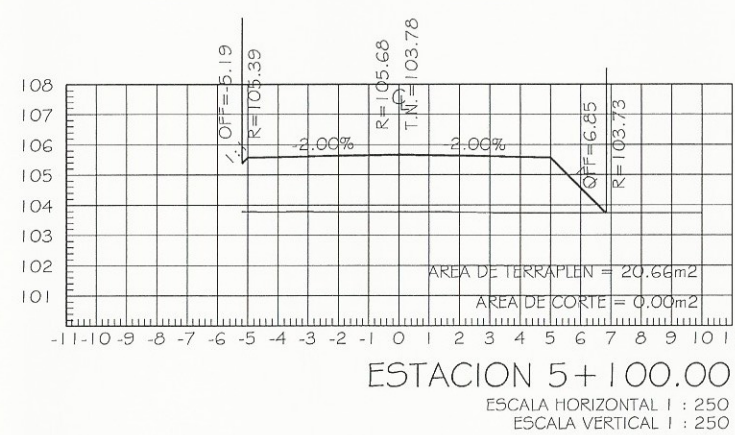
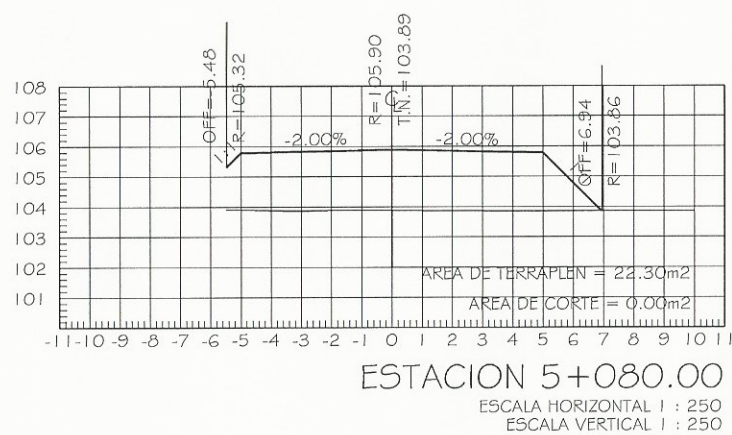
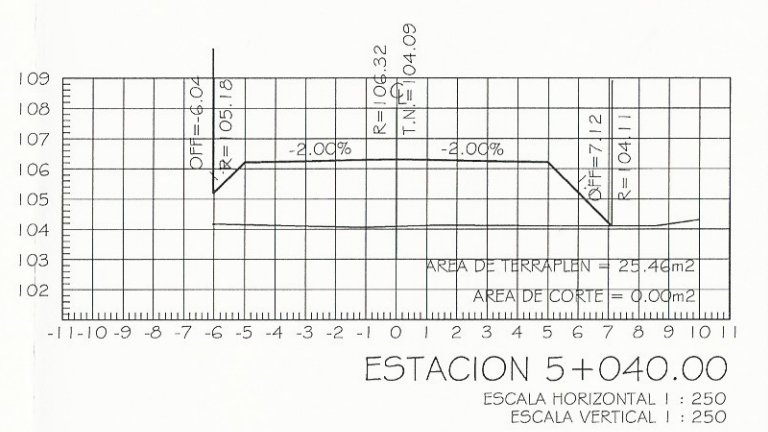
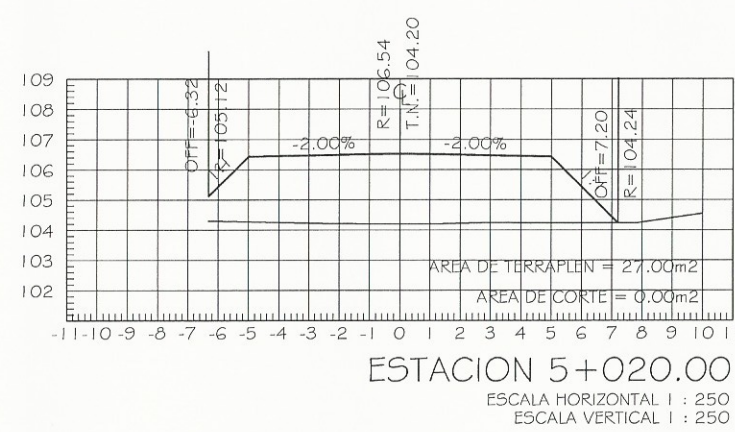
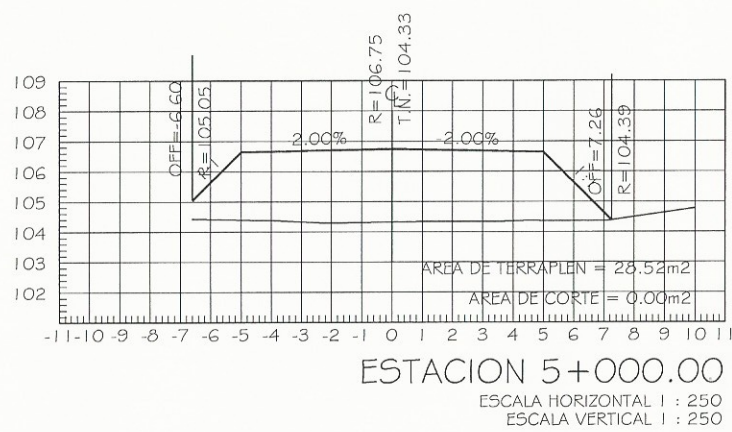
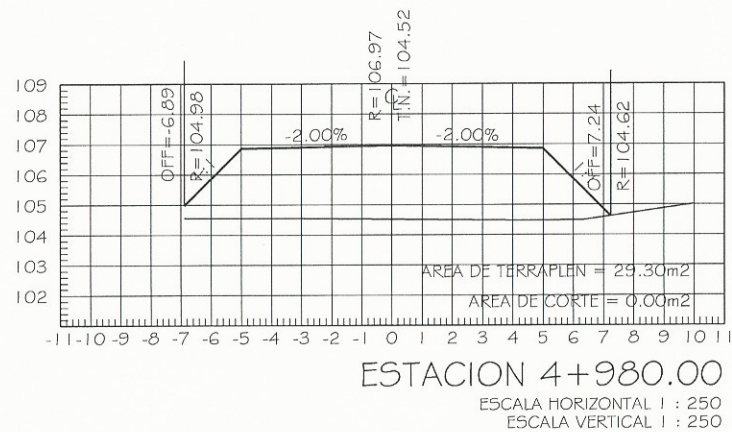
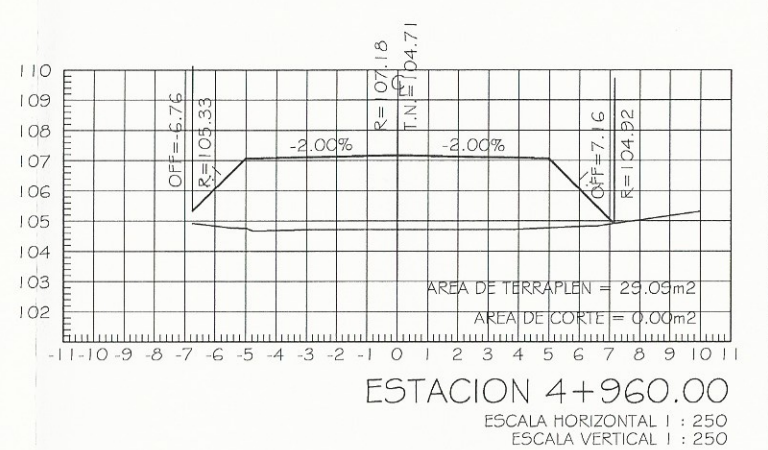
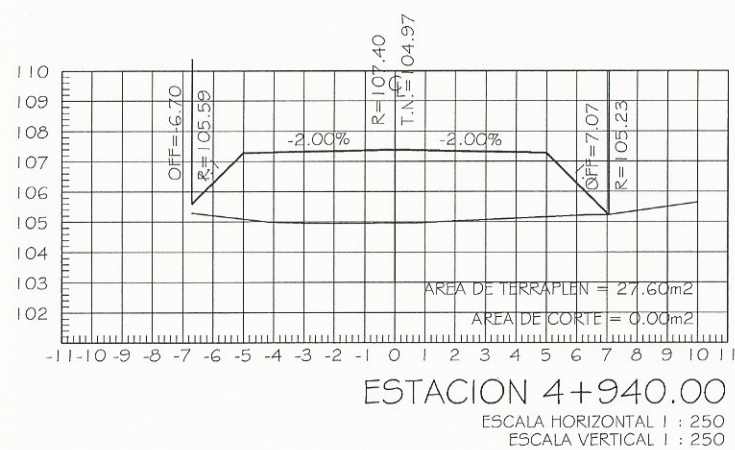
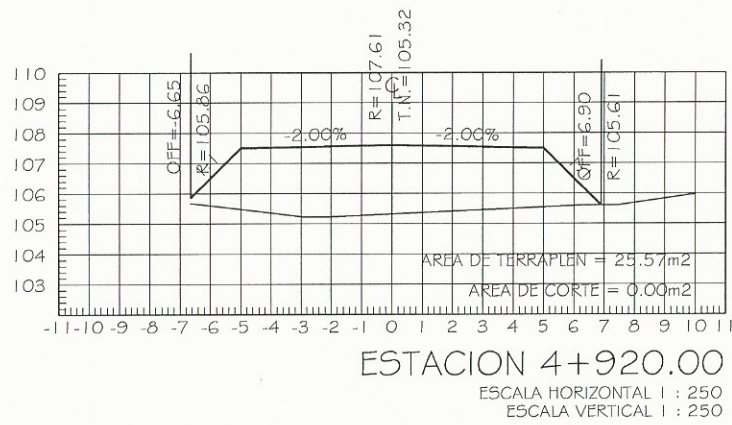
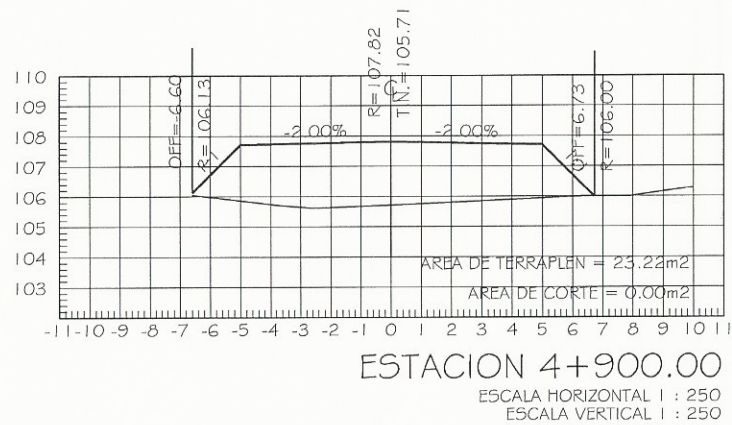
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO SECCIONES TRANSVERSALES	
Inga Mayra Robere García Sorla de Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Ingeniería y EPS Inga Mayra Robere García	
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	


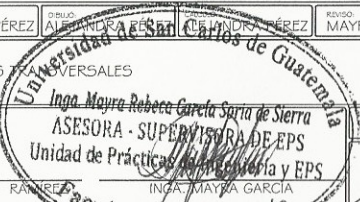




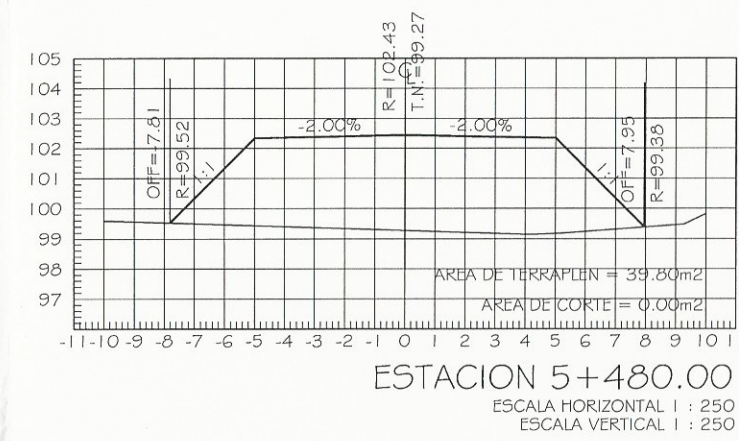
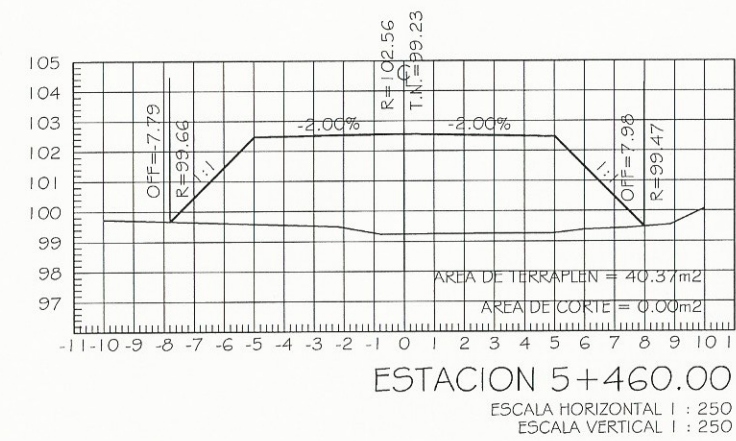
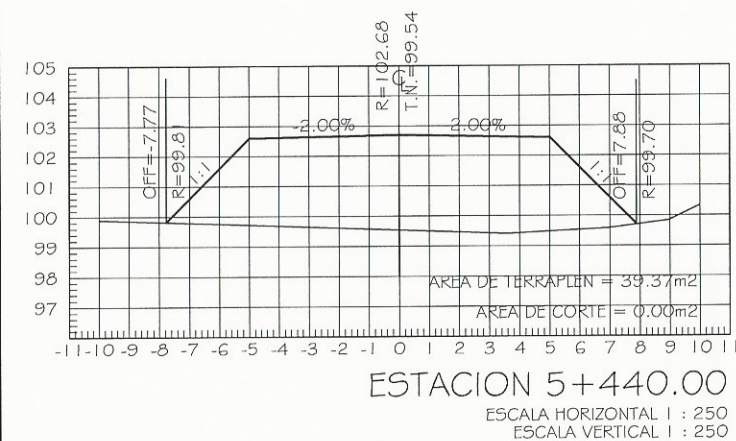
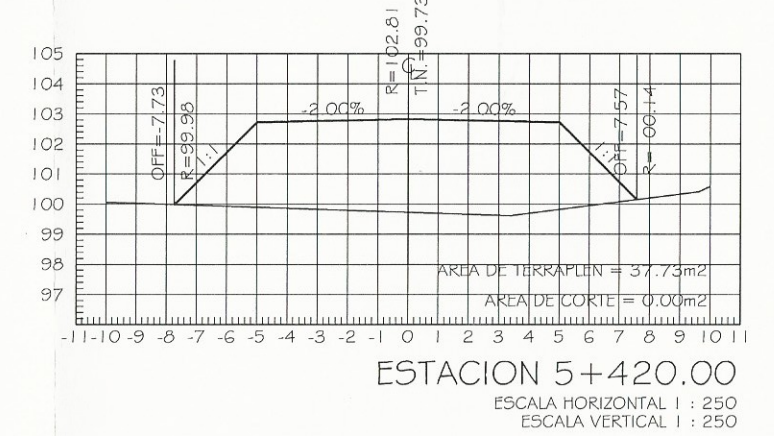
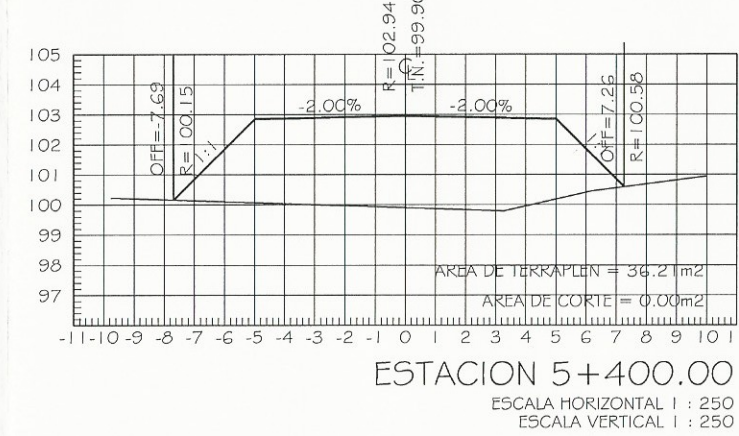
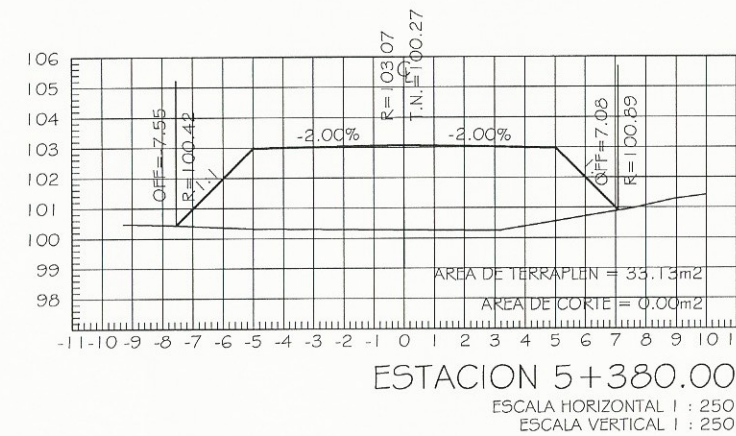
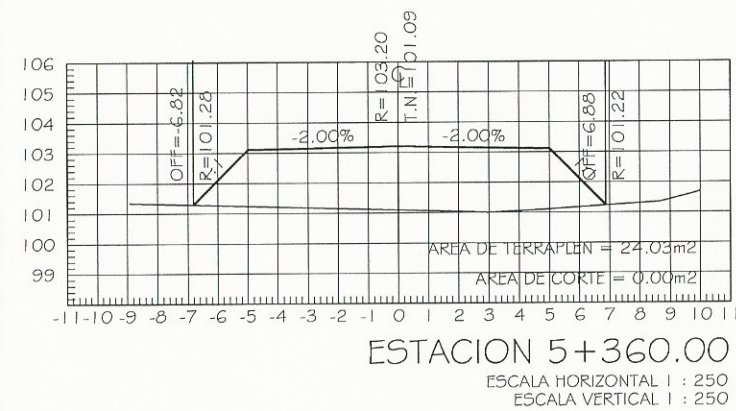
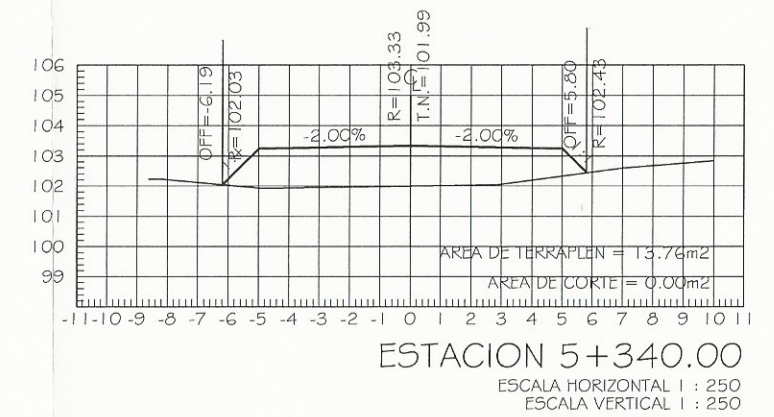
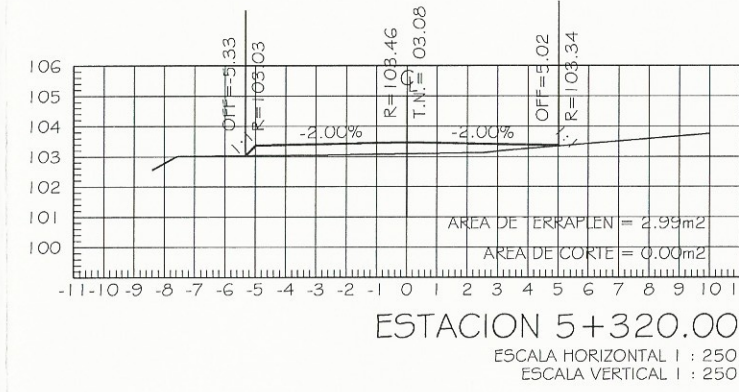
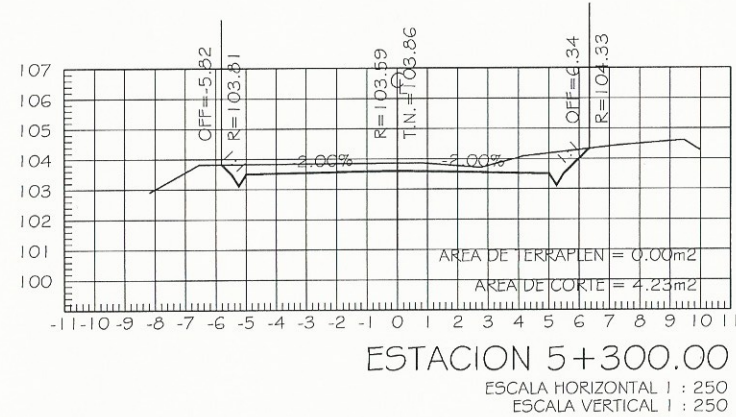
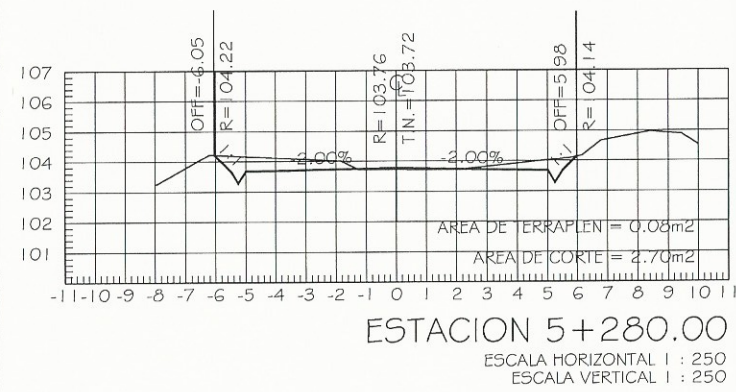
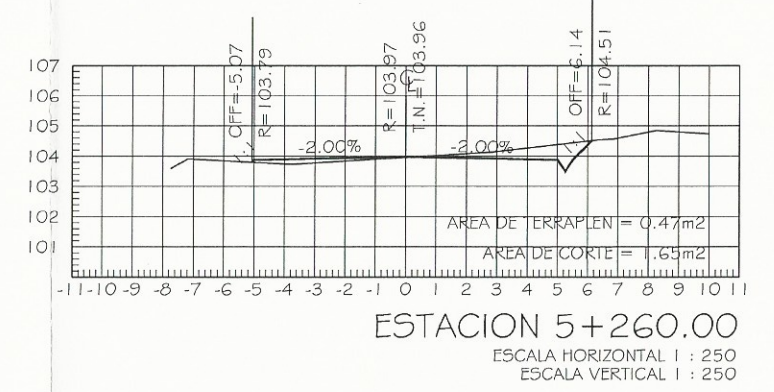
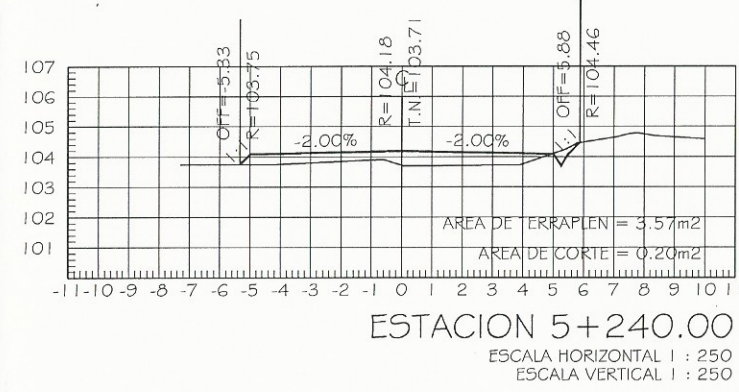
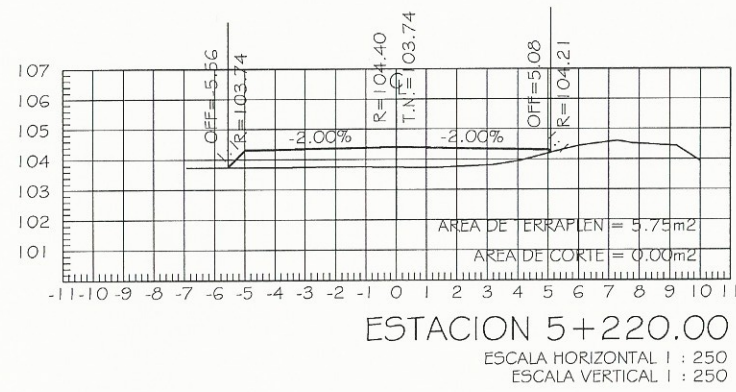
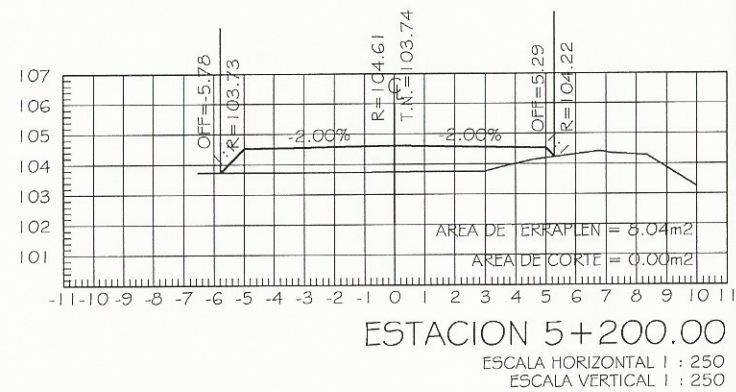
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ
SECCIONES TRANSVERSALES	
 Ing. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	
30	



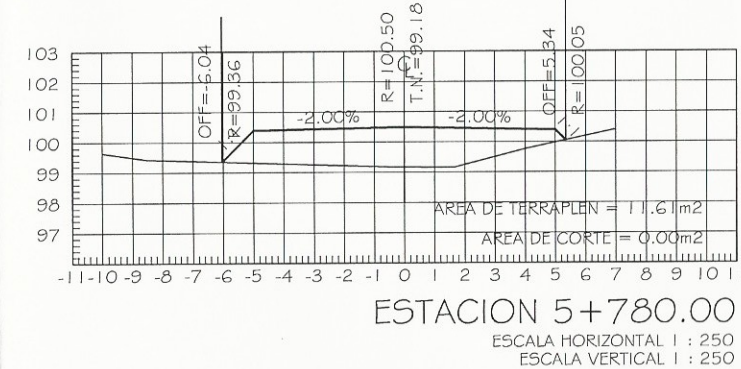
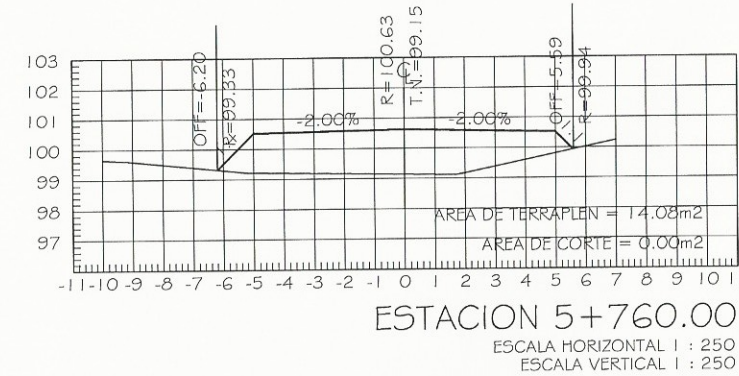
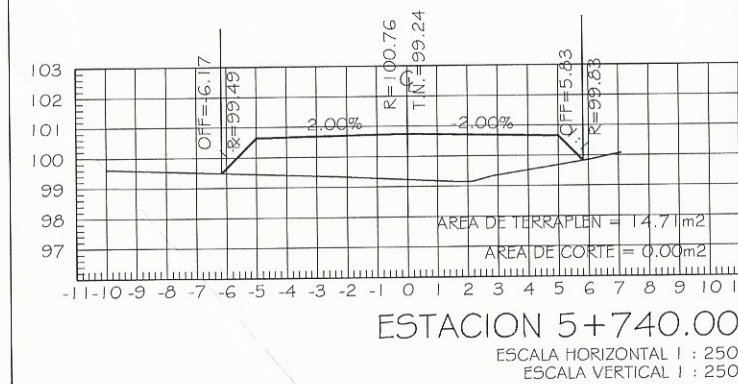
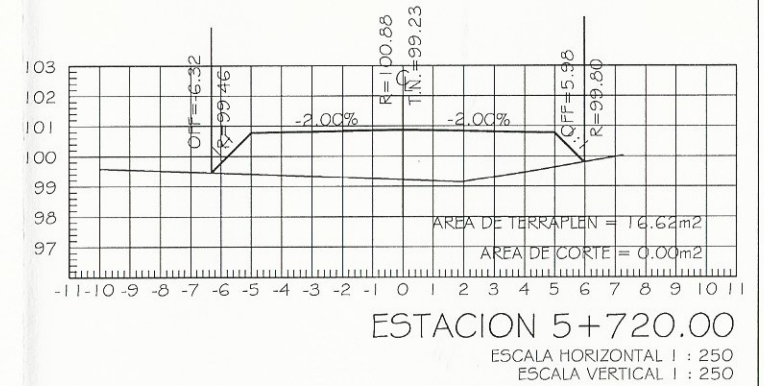
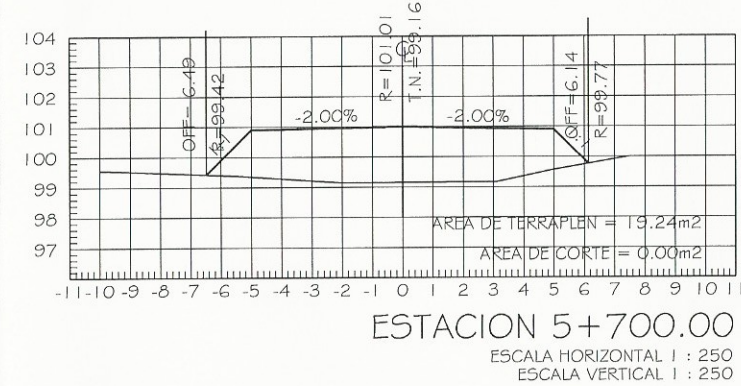
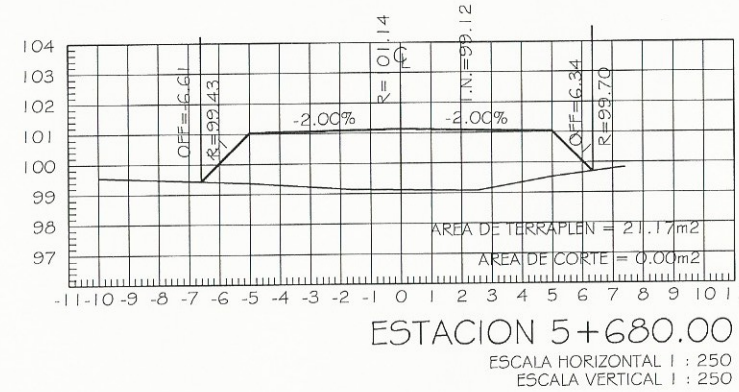
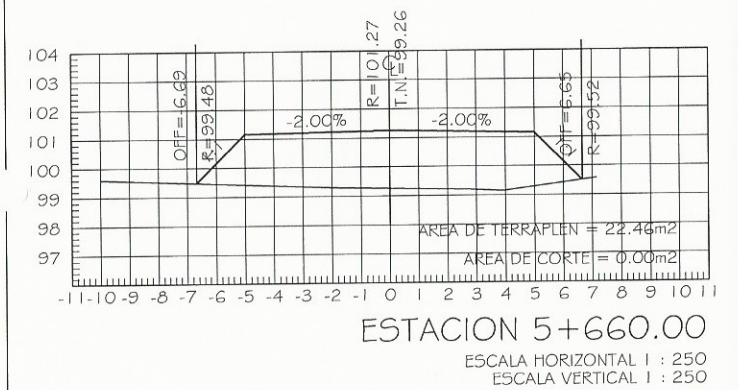
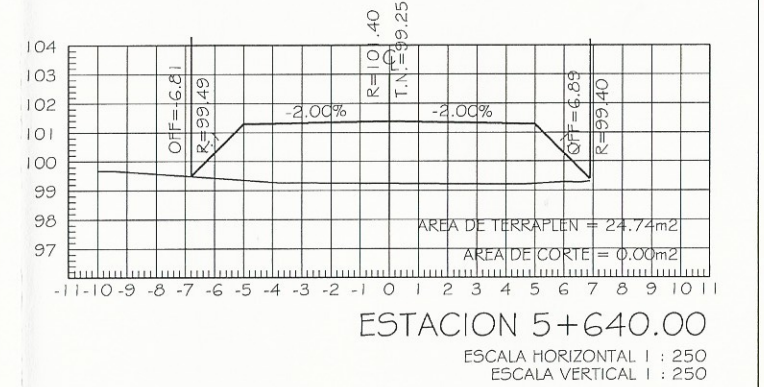
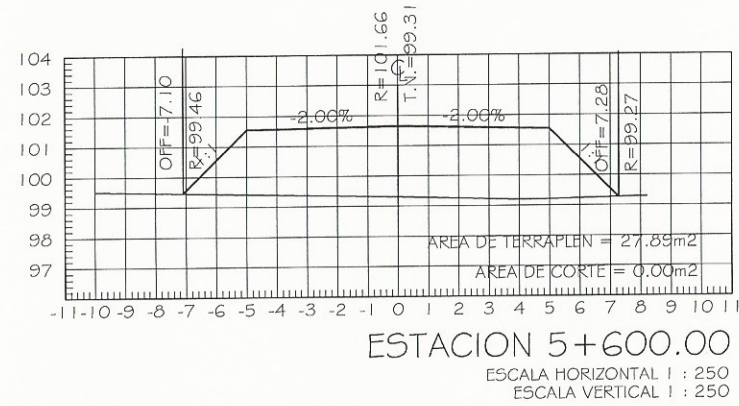
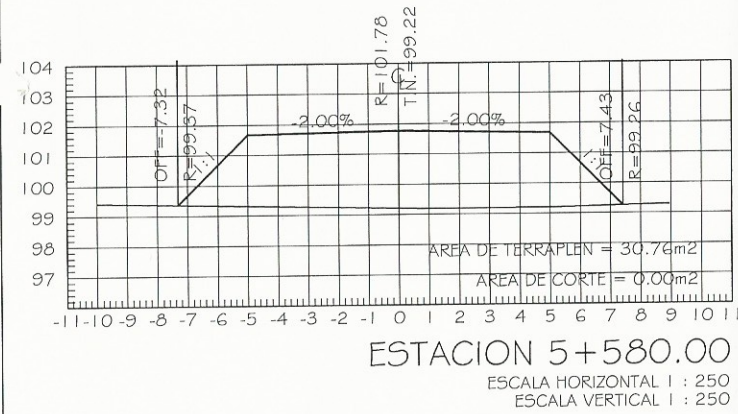
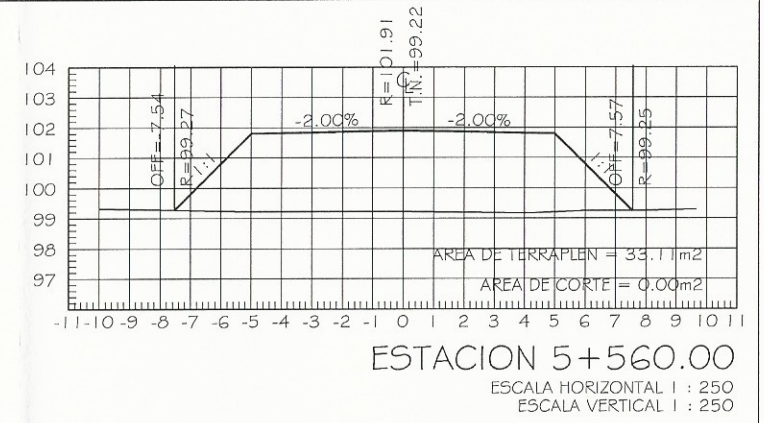
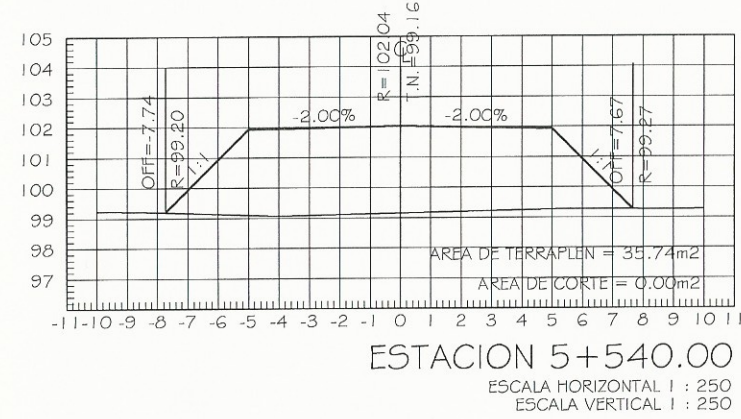
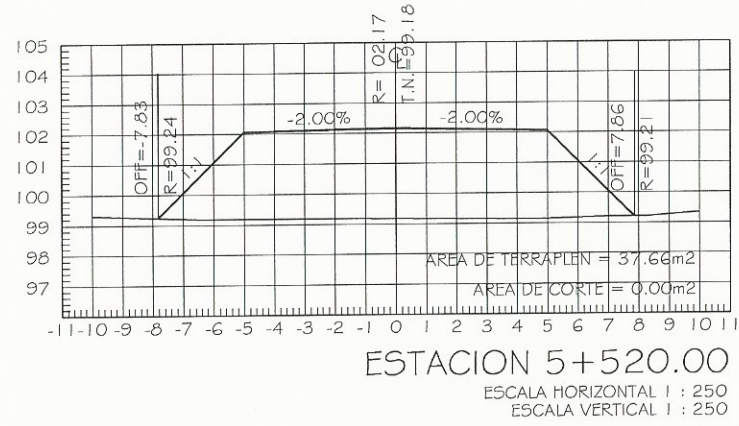
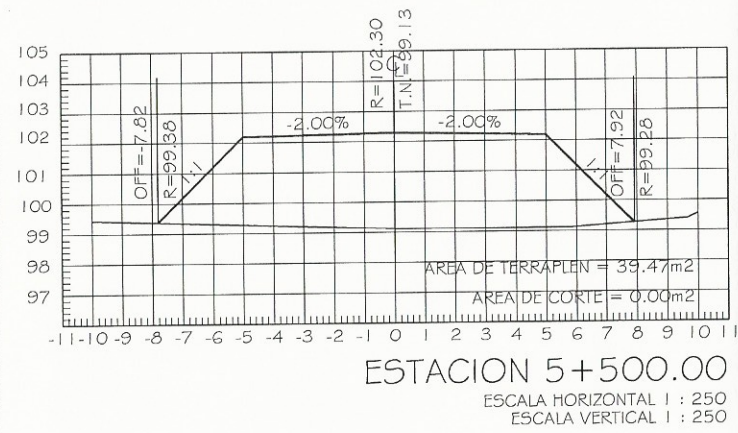



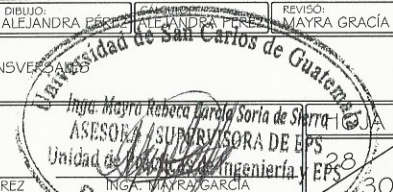
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO	
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ	
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELAIRA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.	
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACÍA
SECCIONES TRANSVERSALES	
	
HOJA 26 30	









 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO			
MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ			
DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.			
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ	ELABORACIÓN: ALEJANDRA PÉREZ	REVISÓ: MAYRA GRACIA
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
 Inga Mayra Rebeca Parola Soria de Sierra ASESORA / SUPERVISORA DE EPS Unidad de Ingeniería y EPS INGA MAYRA GRACIA			
MARÍA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ			

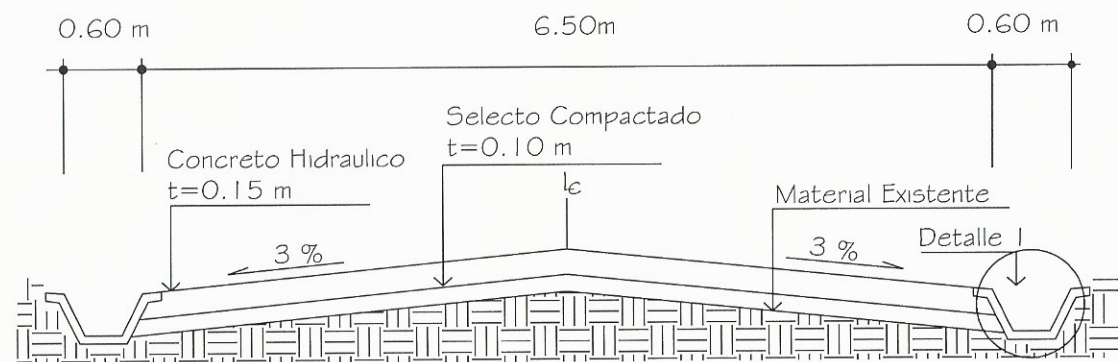


EST.	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO
0+000	1.51	0.00	30.20	0.00	30.20	0.00
0+020	1.76	0.00	35.20	0.00	65.40	0.00
0+040	1.34	0.06	26.80	1.20	92.20	1.20
0+060	0.92	0.17	18.40	3.40	110.60	4.60
0+080	0.58	0.37	11.60	7.40	122.20	12.00
0+100	0.34	0.67	6.80	13.40	129.00	25.40
0+120	0.16	0.71	3.20	14.20	132.20	39.60
0+140	0.27	0.51	5.40	10.20	137.60	49.80
0+160	0.41	0.29	8.20	5.80	145.80	55.60
0+180	0.10	0.62	2.00	12.40	147.80	68.00
0+200	1.16	0.06	23.20	1.20	171.00	69.20
0+220	0.15	1.67	3.00	33.40	174.00	102.60
0+240	0.17	6.22	3.40	124.40	177.40	227.00
0+260	0.00	9.65	0.00	193.00	177.40	420.00
0+280	0.00	20.86	0.00	417.20	177.40	837.20
0+300	0.00	20.93	0.00	418.60	177.40	1255.80
0+320	0.00	18.87	0.00	377.40	177.40	1633.20
0+340	0.00	20.03	0.00	400.60	177.40	2033.80
0+360	0.00	20.07	0.00	401.40	177.40	2435.20
0+380	0.00	20.30	0.00	406.00	177.40	2841.20
0+400	0.00	18.81	0.00	376.20	177.40	3217.40
0+420	0.00	11.51	0.00	230.20	177.40	3447.60
0+440	0.00	5.46	0.00	109.20	177.40	3556.80
0+460	4.12	0.28	82.40	5.60	259.80	3562.40
0+480	25.71	0.00	514.20	0.00	774.00	3562.40
0+500	58.00	0.00	1160.00	0.00	1934.00	3562.40
0+520	49.43	0.00	988.60	0.00	2922.60	3562.40
0+540	36.64	0.00	732.80	0.00	3655.40	3562.40
0+560	27.56	0.00	551.20	0.00	4206.60	3562.40
0+580	17.54	0.00	350.80	0.00	4557.40	3562.40
0+600	9.58	0.00	191.60	0.00	4749.00	3562.40
0+620	2.04	0.00	40.80	0.00	4789.80	3562.40
0+640	0.79	2.50	15.80	50.00	4805.60	3612.40
0+660	8.05	0.00	161.00	0.00	4966.60	3612.40
0+680	5.71	0.00	114.20	0.00	5080.80	3612.40
0+700	10.08	0.00	201.60	0.00	5282.40	3612.40
0+720	11.27	0.00	225.40	0.00	5507.80	3612.40
0+740	13.50	0.00	270.00	0.00	5777.80	3612.40
0+760	6.75	0.00	135.00	0.00	5912.80	3612.40
0+780	2.68	0.29	53.60	5.80	5966.40	3618.20
0+800	1.29	1.95	25.80	39.00	5992.20	3657.20
0+820	0.00	7.86	0.00	157.20	5992.20	3814.40
0+840	0.00	10.35	0.00	207.00	5992.20	4021.40
0+860	0.00	15.55	0.00	311.00	5992.20	4332.40
0+880	0.00	22.37	0.00	447.40	5992.20	4779.80
0+900	0.00	26.37	0.00	527.40	5992.20	5307.20
0+920	0.00	23.22	0.00	464.40	5992.20	5771.60
0+940	0.00	16.18	0.00	323.60	5992.20	6095.20
0+960	0.19	5.36	3.80	107.20	5996.00	6202.40
0+980	4.45	0.00	89.00	0.00	6085.00	6202.40
1+000	3.84	0.00	76.80	0.00	6161.80	6202.40
1+020	3.74	0.00	74.80	0.00	6236.60	6202.40
1+040	0.25	1.38	5.00	27.60	6241.60	6230.00
1+060	0.00	4.63	0.00	92.60	6241.60	6322.60
1+080	0.00	7.56	0.00	151.20	6241.60	6473.80
1+100	0.00	11.79	0.00	235.80	6241.60	6709.60
1+120	0.00	15.00	0.00	300.00	6241.60	7009.60
1+140	0.00	16.80	0.00	336.00	6241.60	7345.60
1+160	0.00	18.25	0.00	365.00	6241.60	7710.60
1+180	0.00	19.80	0.00	396.00	6241.60	8106.60
1+200	0.00	19.89	0.00	397.80	6241.60	8504.40
1+220	0.00	22.03	0.00	440.60	6241.60	8945.00
1+240	0.00	23.14	0.00	462.80	6241.60	9407.80
1+260	0.00	24.40	0.00	488.00	6241.60	9895.80
1+280	0.00	25.05	0.00	501.00	6241.60	10396.80
1+300	0.00	25.45	0.00	509.00	6241.60	10905.80
1+320	0.00	24.12	0.00	482.40	6241.60	11388.20
1+340	0.00	21.89	0.00	437.80	6241.60	11826.00
1+360	0.00	20.03	0.00	400.60	6241.60	12226.60
1+380	0.00	18.02	0.00	360.40	6241.60	12587.00
1+400	0.00	18.05	0.00	361.00	6241.60	12948.00
1+420	0.00	14.38	0.00	287.60	6241.60	13235.60
1+440	0.00	11.84	0.00	236.80	6241.60	13472.40
1+460	0.00	5.31	0.00	106.20	6241.60	13578.60
1+480	0.00	2.72	0.00	54.40	6241.60	13633.00
1+500	1.59	0.06	31.80	1.20	6273.40	13634.20

EST.	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO
1+520	3.30	0.00	66.00	0.00	6339.40	13634.20
1+540	4.95	0.00	99.00	0.00	6438.40	13634.20
1+560	6.52	0.00	130.40	0.00	6568.80	13634.20
1+580	0.80	0.00	16.00	0.00	6584.80	13634.20
1+600	8.70	0.00	174.00	0.00	6758.80	13634.20
1+620	10.39	0.00	207.80	0.00	6966.60	13634.20
1+640	11.56	0.00	231.20	0.00	7197.80	13634.20
1+660	12.31	0.00	246.20	0.00	7444.00	13634.20
1+680	10.38	0.00	207.60	0.00	7651.60	13634.20
1+700	9.21	0.00	184.20	0.00	7835.80	13634.20
1+720	7.95	0.00	159.00	0.00	7994.80	13634.20
1+740	6.60	0.00	132.00	0.00	8126.80	13634.20
1+760	5.16	0.00	103.20	0.00	8230.00	13634.20
1+780	3.63	0.00	72.60	0.00	8302.60	13634.20
1+800	2.02	0.00	40.40	0.00	8343.00	13634.20
1+820	0.32	0.01	6.40	0.20	8349.40	13634.40
1+840	0.00	1.36	0.00	27.20	8349.40	13661.60
1+860	0.00	2.00	0.00	40.00	8349.40	13701.60
1+880	0.00	3.42	0.00	68.40	8349.40	13770.00
2+300	0.00	8.07	0.00	161.40	8349.40	13931.40
2+320	0.00	7.75	0.00	155.00	8349.40	14086.40
2+340	0.00	6.99	0.00	139.80	8349.40	14226.20
2+360	0.00	6.25	0.00	125.00	8349.40	14351.20
2+380	0.00	5.53	0.00	110.60	8349.40	14461.80
2+400	0.00	4.82	0.00	96.40	8349.40	14558.20
2+420	0.00	4.12	0.00	82.40	8349.40	14640.60
2+440	0.00	3.44	0.00	68.80	8349.40	14709.40
2+460	0.00	2.76	0.00	55.20	8349.40	14764.60
2+480	0.00	1.98	0.00	39.60	8349.40	14804.20
2+500	0.00	0.97	0.00	19.40	8349.40	14823.60
2+520	0.23	0.42	4.60	8.40	8354.00	14832.00
2+540	0.88	0.72	17.60	14.40	8371.60	14846.40
2+560	1.31	1.16	26.20	23.20	8397.80	14869.60
2+580	1.46	1.68	29.20	33.60	8427.00	14903.20
2+600	1.31	2.27	26.20	45.40	8453.20	14948.60
2+620	1.16	2.54	23.20	50.80	8476.40	14999.40
2+640	2.59	0.04	51.80	0.80	8528.20	15000.20
2+660	0.01	1.21	0.20	24.20	8528.40	15024.40
2+680	0.00	4.02	0.00	80.40	8528.40	15104.80
2+700	0.00	5.62	0.00	112.40	8528.40	15217.20
2+720	0.00	7.87	0.00	157.40	8528.40	15374.60
2+740	0.00	10.03	0.00	200.60	8528.40	15575.20
2+760	0.00	8.68	0.00	173.60	8528.40	15748.80
2+780	0.00	2.89	0.00	57.80	8528.40	15806.60
2+800	0.00	2.61	0.00	52.20	8528.40	15858.80
2+820	7.64	0.00	152.80	0.00	8681.20	15858.80
2+840	13.01	0.00	260.20	0.00	8941.40	15858.80
2+860	17.81	0.00	356.20	0.00	9297.60	15858.80
2+880	21.10	0.00	422.00	0.00	9719.60	15858.80
2+900	25.04	0.00	500.80	0.00	10220.40	15858.80
2+920	28.84	0.00	576.80	0.00	10797.20	15858.80
2+940	30.67	0.00	613.40	0.00	11410.60	15858.80
2+960	3.60	0.00	72.00	0.00	11482.60	15858.80
2+980	36.02	0.00	720.40	0.00	12203.00	15858.80
3+000	39.31	0.00	786.20	0.00	12989.20	15858.80
3+020	41.10	0.00	822.00	0.00	13811.20	15858.80
3+040	39.27	0.00	785.40	0.00	14596.60	15858.80
3+060	39.62	0.00	792.40	0.00	15389.00	15858.80
3+080	38.09	0.00	761.80	0.00	16150.80	15858.80
3+100	48.39	0.00	967.80	0.00	17118.60	15858.80
3+120	4.11	0.00	82.20	0.00	17200.80	15858.80
3+140	37.56	0.00	751.20	0.00	17952.00	15858.80
3+160	30.18	0.00	603.60	0.00	18555.60	15858.80
3+180	26.08	0.00	521.60	0.00	19077.20	15858.80
3+200	26.72	0.00	534.40	0.00	19611.60	15858.80
3+220	27.28	0.00	545.60	0.00	20157.20	15858.80
3+240	28.71	0.00	574.20	0.00	20731.40	15858.80
3+260	27.52	0.00	550.40	0.00	21281.80	15858.80
3+280	25.15	0.00	503.00	0.00	21784.80	15858.80
3+300	12.86	0.00	257.20	0.00	22042.00	15858.80
3+320	1.34	0.04	26.80	0.80	22068.80	15859.60
3+340	0.00	7.89	0.00	157.80	22068.80	16017.40
3+360	0.00	10.94	0.00	218.80	22068.80	16236.20
3+380	0.00	10.81	0.00	216.20	22068.80	16452.40
3+400	0.00	9.68	0.00	193.60	22068.80	16646.00
3+420	0.00	9.00	0.00	180.00	22068.80	16826.00

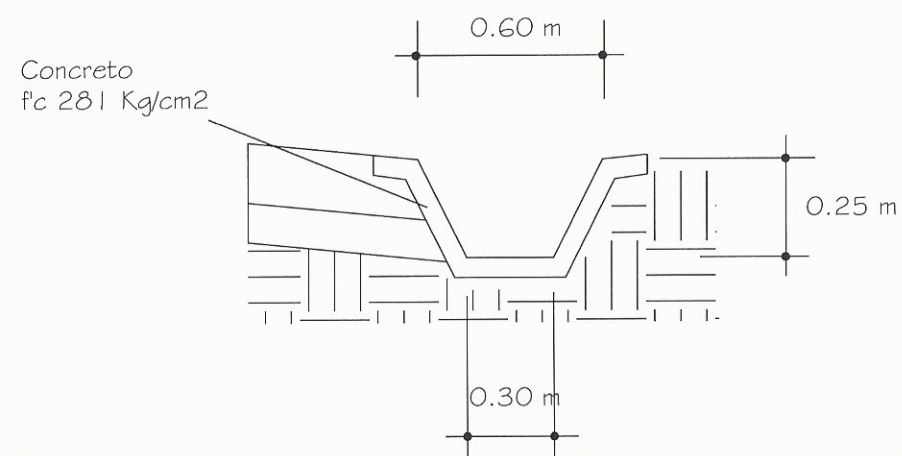
EST.	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO
3+440	0.00	8.67	0.00	173.40	22068.80	16999.40
3+460	0.00	8.17	0.00	163.40	22068.80	17162.80
3+480	0.00	7.98	0.00	159.60	22068.80	17322.40
3+500	0.00	8.88	0.00	177.60	22068.80	17500.00
3+520	0.00	9.46	0.00	189.20	22068.80	17689.20
3+540	0.00	9.46	0.00	189.20	22068.80	17878.40
3+560	0.00	7.68	0.00	153.60	22068.80	18032.00
3+580	0.00	3.50	0.00	70.00	22068.80	18102.00
3+600	0.45	0.33	9.00	6.60	22077.80	18108.60
3+620	3.38	0.00	67.60	0.00	22145.40	18108.60
3+640	6.01	0.00	120.20	0.00	22265.60	18108.60
3+660	14.70	0.00	294.00	0.00	22559.60	18108.60
3+680	26.86	0.00	537.20	0.00	23096.80	18108.60
3+700	40.75	0.00	815.00	0.00	23911.80	18108.60
3+720	53.27	0.00	1065.40	0.00	24977.20	18108.60
3+740	46.80	0.00	936.00	0.00	25913.20	18108.60
3+760	36.16	0.00	723.20	0.00	26636.40	18108.60
3+780	26.63	0.00	532.60	0.00	27169.00	18108.60
3+800	14.17	0.00	283.40	0.00	27452.40	18108.60
3+820	2.23	0.00	44.60	0.00	27497.00	18108.60
3+840	0.00	6.65	0.00	133.00	27497.00	18241.60
3+860	0.00	15.31	0.00	306.20	27497.00	18547.80
3+880	0.00	23.50	0.00	470.00	27497.00	19017.80
3+900	0.00	26.76	0.00	535.20	27497.00	19553.00
3+920	0.00	28.81	0.00	576.20	27497.00	20129.20
3+940	0.00	29.51	0.00	590.20	27497.00	20719.40
3+960	0.00	29.95	0.00	599.00	27497.00	21318.40
3+980	0.00	29.38	0.00	587.60	27497.00	21906.00
4+000	0.00	25.83	0.00	516.60	27497.00	22422.60
4+020	0.00	22.19	0.00	443.80	27497.00	22866.40
4+040	0.00	18.52	0.00	370.40	27497.00	23236.80
4+060	0.00	15.10	0.00	302.00	27497.00	23538.80
4+080	0.00	11.23	0.00	224.60	27497.00	23763.40
4+100	0.00	9.90	0.00	198.00	27497.00	23961.40
4+120	0.00	8.03	0.00	160.60	27497.00	24122.00
4+140	0.00	6.42	0.00	128.40	27497.00	24250.40
4+160	0.16	1.66	3.20	33.20	27500.20	24283.60
4+180	6.46	0.00	129.20	0.00	27629.40	24283.60
4+200	14.01	0.00	280.20	0.00	27909.60	24283.60
4+220	21.67	0.00	433.40	0.00	28343.00	24283.60
4+240	22.27	0.00	445.40	0.00	28788.40	24283.60
4+260	19.44	0.00	388.80	0.00	29177.20	24283.60
4+280	16.18	0.00	323.60	0.00	29500.80	24283.60
4+300	13.10	0.00	262.00	0.00	29762.80	24283.60
4+320	8.11	0.00	162.20	0.00	29925.00	24283.60
4+340	7.63	0.00	152.60	0.00	30077.60	24283.60
4+360	7.36	0.00	147.20	0.00	30224.80	24283.60
4+380	7.21	0.00	144.20	0.00	30369.00	24283.60
4+400	8.15	0.00	163.00	0.00	30532.00	24283.60
4+420	9.11	0.00	182.20	0.00	30714.20	24283.60
4+440	10.28	0.00	205.60	0.00	30919.80	24283.60
4+460	12.01	0.00	240.20	0.00	31160.00	24283.60
4+480	14.13	0.00	282.60	0.00	31442.60	24283.60
4+500	16.19	0.00	323.80	0.00	31766.40	24283.60
4+520	16.99	0.00	339.80	0.00	32106.20	24283.60
4+540	15.89	0.00	317.80	0.00	32424.00	24283.60
4+560	15.05	0.00	301.00	0.00	32725.00	24283.60
4+580	13.89	0.00	277.80	0.00	33002.80	24283.60
4+600	12.53	0.00	250.60	0.00	33253.40	24283.60
4+620	9.56	0.00	191.20	0.00	33444.60	24283.60
4+640	6.56	0.00	131.20	0.00	33575.80	24283.60
4+660	4.32	0.00	86.40	0.00	33662.20	24283.60
4+680	1.86	0.00	37.20	0.00	33699.40	24283.60
4+700	0.17	0.78	3.40	15.60	33702.80	24299.20
4+720	0.00	2.79	0.00	55.80	33702.80	24355.00
4+740	0.00	5.04	0.00	100.80	33702.80	24455.80
4+760	0.00	6.49	0.00	129.80	33702.80	24585.60
4+780	0.00	8.02	0.00	160.40	33702.80	24746.00
4+800	0.00	9.71	0.00	194.20	33702.80	24940.20
4+820	0.00	11.36	0.00	227.20	33702.80	25167.40
4+840	0.00	13.29	0.00	265.80	33702.80	25433.20
4+860	0.00	16.69	0.00	333.80	33702.80	25767.00
4+880	0.00	20.59	0.00	411.80	33702.80	26178.80
4+900	0.00	23.22	0.00	464.40	33702.80	26643.20
4+920	0.00	25.57	0.00	511.40	33702.80	27154.60
4+940	0.00	27.60	0.00	552.00	33702.80	27706.60





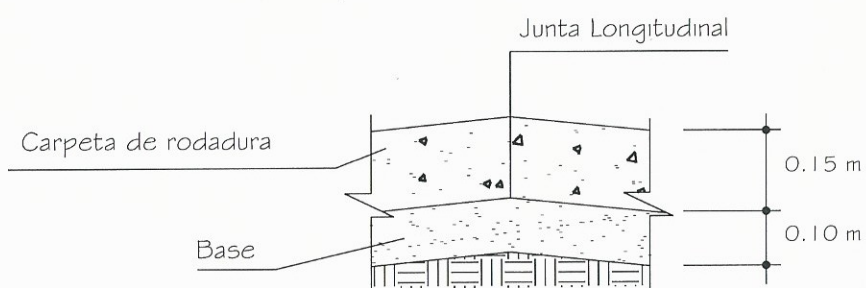
DETALLE DE GARABITO

ESCALA 1:50



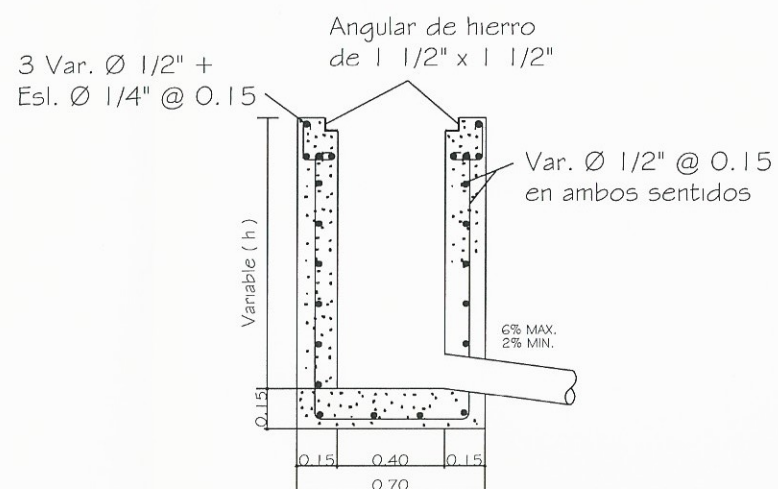
DETALLE DE CUNETA

ESCALA 1:50



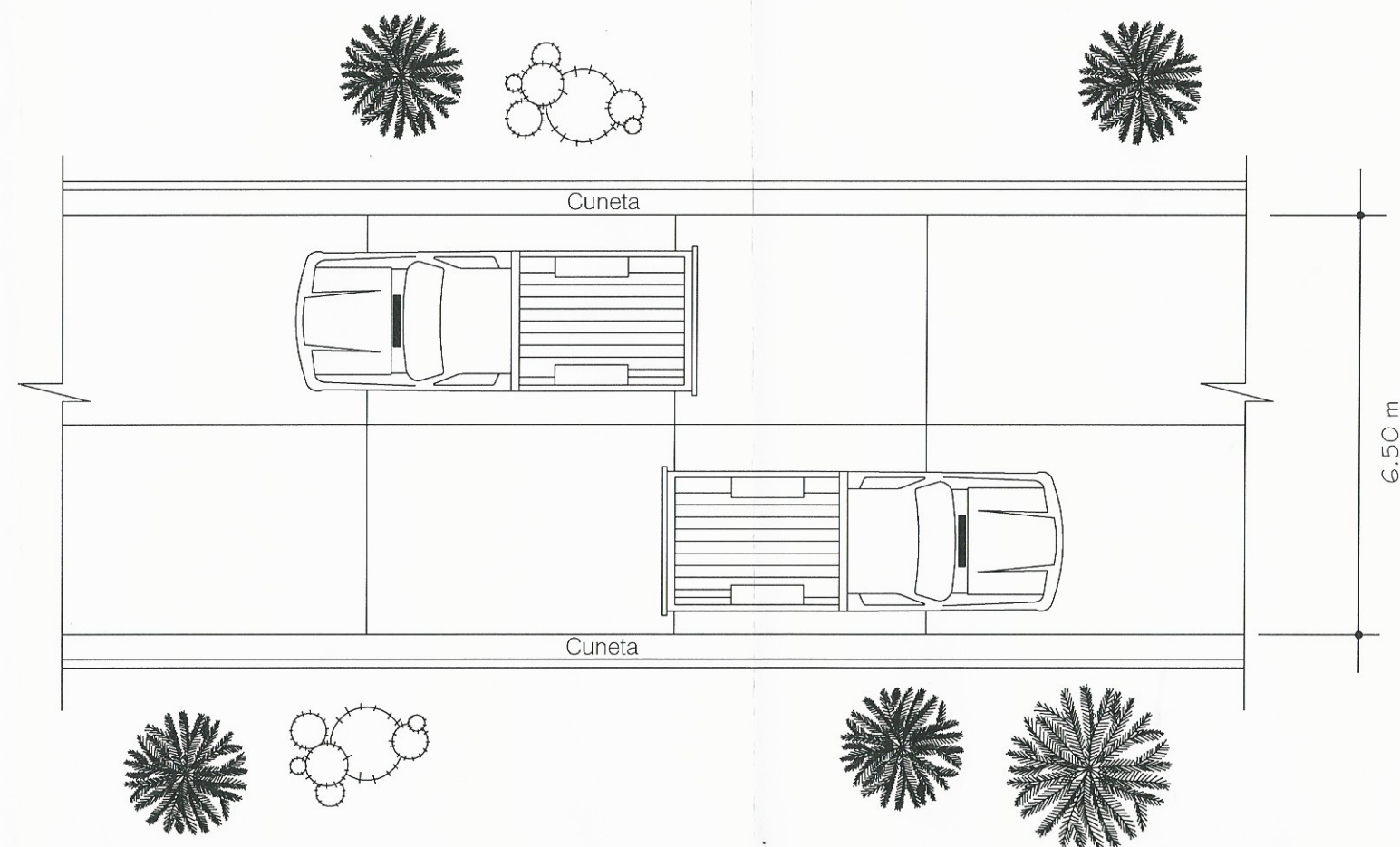
DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL

ESCALA 1:50



DETALLE DE CABEZAL

ESCALA 1:100



PLANTA TÍPICA

SIN ESCALA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO
	MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMÍREZ DISEÑO DE LA CARRETERA DE ACCESO A CANTÓN CANDELARIA, QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO
DISEÑO: ALEJANDRA PÉREZ	DIBUJO: ALEJANDRA PÉREZ VERIFICACIÓN: ALEJANDRA PÉREZ
CONTENIDO: DETALLES GENERALES	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería
MARIA ALEJANDRA Z. PÉREZ RAMÍREZ	HOJA 30 30